ZUR BIOLOGISCHEN WIRKSAMKEIT VON ULTRAVIOLETT–EXPOSITIONEN UNTERSCHIEDLICHER WELLENLÄNGEN AUF DEN MENSCHEN

A. AKUTEFFEKTE AUF KREISLAUFPARAMETER UND DIE KÖRPERTEMPERATUR DES MENSCHEN

B. BESTIMMUNG VON KREISLAUFGRÖSSEN UND VIGILANZ VOR UND NACH SERIELLER EXPOSITION

A. Hans-Friedrich Steffan

B. Michael Mohn

Diss. Frankfurt am Main
1984

Aus dem Klinikum

der Johann Wolfgang Goethe Universität Frankfurt am Main

Zentrum der Inneren Medizin

Abteilung für Physikalisch-Diätetische Therapie

(Leiter: Prof.Dr.med.K.Pirlet)

ZUR BIOLOGISCHEN WIRKSAMKEIT VON ULTRAVIOLETT-EXPOSITIONEN UNTERSCHIEDLICHER WELLENLÄNGEN AUF DEN MENSCHEN

A. AKUTEFFEKTE AUF KREISLAUFPARAMETER UND DIE KÖRPERTEMPERATUR DES MENSCHEN

B. BESTIMMUNG VON KREISLAUFGRÖßEN UND VIGILANZ VOR UND NACH SERIELLER EXPOSITION

INAUGURAL - DISSERTATION

zur Erlangung des Doktorgrades der Medizin

des Fachbereiches Humanmedizin

der Johann Wolfgang Goethe Universität Frankfurt am Main

vorgelegt von

HANS-FRIEDRICH STEFFAN

aus Frankfurt am Main

und

MICHAEL MOHN

aus Frankfurt am Main

Frankfurt am Main 1984

Dekan: Prof. Dr. H. J. Müller
Referent: Priv.–Doz. Dr. M. Bühring
Korreferent: Prof. Dr. J. Holzmann

Tag der mündlichen Prüfung: 28. 8. 1984

Aus dem Klinikum

der Johann Wolfgang Goethe Universität Frankfurt am Main

Zentrum der Inneren Medizin

Abteilung für Physikalisch-Diätetische Therapie

(Leiter: Prof.Dr.med.K.Pirlet)

ZUR BIOLOGISCHEN WIRKSAMKEIT VON ULTRAVIOLETT-EXPOSITIONEN UNTERSCHIEDLICHER WELLENLÄNGEN AUF DEN MENSCHEN

A. AKUTEFFEKTE AUF KREISLAUFPARAMETER UND DIE KÖRPERTEMPERATUR DES MENSCHEN

INAUGURAL - DISSERTATION

zur Erlangung des Doktorgrades der Medizin

des Fachbereiches Humanmedizin

der Johann Wolfgang Goethe Universität Frankfurt am Main

vorgelegt von

HANS-FRIEDRICH SIEFFAN

aus Frankfurt am Main

Frankfurt am Main 1984

Aus dem Klinikum
der Johann Wolfgang Goethe Universität Frankfurt am Main
Zentrum der Inneren Medizin
Abteilung für Physikalisch-Diätetische Therapie
(Leiter: Prof.Dr.med.K.Pirlet)

ZUR BIOLOGISCHEN WIRKSAMKEIT VON ULTRAVIOLETT-EXPOSITIONEN UNTERSCHIEDLICHER WELLENLÄNGEN AUF DEN MENSCHEN

B. BESTIMMUNG VON KREISLAUFGRÖßEN UND VIGILANZ VOR UND NACH SERIELLER EXPOSITION

INAUGURAL - DISSERTATION
zur Erlangung des Doktorgrades der Medizin
des Fachbereiches Humanmedizin
der Johann Wolfgang Goethe Universität Frankfurt am Main

vorgelegt von
MICHAEL MOHN
aus Frankfurt am Main

Frankfurt am Main 1984

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41523703_0028

INHALTSVERZEICHNIS

1.o.	Einleitung (Steffan)	1
1.1.	Geschichte der UV-Biologie (Steffan)	2
1.2.	Technologie der UV-Strahlen (Steffan)	5
1.3.	Biologische und pharmakologische Wirkung der UV-Strahlen (Steffan)	1o
1.3.1.	Die Hautreaktion (Steffan)	1o
1.3.2.	Zusatzkriterien (Steffan)	15
1.4.	Klinische Anwendung der UV-Strahlen (Steffan)	17
2.o.	Problemstellung (für Teil A und Teil B) (Mohn-Steffan)	21
3.1.	Experimenteller Teil A (Akutversuch Steffan)	21
3.1.o.	Versuchsanordnung (Steffan)	21
3.1.1.	Zeitlicher Versuchsablauf (Steffan)	23
3.1.2.	Methode der UV-Bestrahlung (Steffan)	25
3.1.3.	Ergebnisse (Steffan)	28
3.1.3.1.	Allgemeines (Steffan)	28
3.1.3.2.	Verhalten der Mundtemperatur (Steffan)	3o
3.1.3.3.	Verhalten der Pulsfrequenz (Steffan)	3o
3.1.3.4.	Die Bedeutung der vegetativen Ausgangslage (Steffan)	42
3.1.3.5.	Beziehungen zwischen der Mundtemperatur und der Pulsfrequenz (Steffan)	48

3.1.3.6.	Hauterythem und Verhalten der Pulsfrequenz (Steffan)	52
3.2.o.	Experimenteller Teil B (Serieller Versuch Mohn)	56
3.2.1.	Material (Mohn)	56
3.2.1.1.	Messgeräte (Mohn)	56
3.2.1.2.	Geräte für die UV-Exposition (Mohn)	56
3.2.2.	Versuchspersonen (Mohn)	59
3.2.3.	Methoden (Mohn)	59
3.2.3.1.	Zeitraum der Messperiode (Mohn)	59
3.2.3.2.	Kreislaufanalyse (Mohn)	59
3.2.3.2.1.	Elastischer Kreislaufwiderstand (Pulswellengeschwindigkeit,Systolendauer, Pulsfrequenz,Mohn)	61
3.2.4.	Bestimmung der motorischen Reaktionszeit auf ein optisches und akustisches Signal (Mohn)	67
3.2.5.	Bestimmung der Erythemempfindlichkeit (Mohn)	68
3.2.6.	Bestrahlung (Mohn)	69
3.2.7.	Versuchsanordnung (Gesamtübersicht, Mohn)	71
3.3.2.	Ergebnisse (Mohn)	75
3.3.2.1.	Verhalten der Pulsfrequenz (Mohn)	75
3.3.2.2.	Verhalten der motorischen Reaktionszeit auf ein optisches und akustisches Signal (Mohn)	94

INHALTSVERZEICHNIS

1.o.	Einleitung (Steffan)	1
1.1.	Geschichte der UV-Biologie (Steffan)	2
1.2.	Technologie der UV-Strahlen (Steffan)	5
1.3.	Biologische und pharmakologische Wirkung der UV-Strahlen (Steffan)	1o
1.3.1.	Die Hautreaktion (Steffan)	1o
1.3.2.	Zusatzkriterien (Steffan)	15
1.4.	Klinische Anwendung der UV-Strahlen (Steffan)	17
2.o.	Problemstellung (für Teil A und Teil B) (Mohn-Steffan)	21
3.1.	Experimenteller Teil A (Akutversuch Steffan)	21
3.1.o.	Versuchsanordnung (Steffan)	21
3.1.1.	Zeitlicher Versuchsablauf (Steffan)	23
3.1.2.	Methode der UV-Bestrahlung (Steffan)	25
3.1.3.	Ergebnisse (Steffan)	28
3.1.3.1.	Allgemeines (Steffan)	28
3.1.3.2.	Verhalten der Mundtemperatur (Steffan)	3o
3.1.3.3.	Verhalten der Pulsfrequenz (Steffan)	3o
3.1.3.4.	Die Bedeutung der vegetativen Ausgangslage (Steffan)	42
3.1.3.5.	Beziehungen zwischen der Mundtemperatur und der Pulsfrequenz (Steffan)	48

3.1.3.6.	Hauterythem und Verhalten der Pulsfrequenz (Steffan)	52
3.2.o.	Experimenteller Teil B (Serieller Versuch Mohn)	56
3.2.1.	Material (Mohn)	56
3.2.1.1.	Messgeräte (Mohn)	56
3.2.1.2.	Geräte für die UV-Exposition (Mohn)	56
3.2.2.	Versuchspersonen (Mohn)	59
3.2.3.	Methoden (Mohn)	59
3.2.3.1.	Zeitraum der Messperiode (Mohn)	59
3.2.3.2.	Kreislaufanalyse (Mohn)	59
3.2.3.2.1.	Elastischer Kreislaufwiderstand (Pulswellengeschwindigkeit,Systolendauer, Pulsfrequenz,Mohn)	61
3.2.4.	Bestimmung der motorischen Reaktionszeit auf ein optisches und akustisches Signal (Mohn)	67
3.2.5.	Bestimmung der Erythemempfindlichkeit (Mohn)	68
3.2.6.	Bestrahlung (Mohn)	69
3.2.7.	Versuchsanordnung (Gesamtübersicht, Mohn)	71
3.3.2.	Ergebnisse (Mohn)	75
3.3.2.1.	Verhalten der Pulsfrequenz (Mohn)	75
3.3.2.2.	Verhalten der motorischen Reaktionszeit auf ein optisches und akustisches Signal (Mohn)	94

3.3.2.3.	Ergebnisse der Kreislaufanalyse (Mohn)	96
4.o.	Diskussion (Steffan-Mohn)	99
5.o.	Zusammenfassungen (Steffan-Mohn)	111
5.1.	Zusammenfassung des experimentellen Teiles A (Steffan)	111
5.2.	Zusammenfassung des experimentellen Teiles B (Mohn)	112
6.o.	Literaturverzeichnis (Steffan-Mohn)	113

Lebenslauf Steffan,Lebenslauf Mohn

Ehrenwörtliche Erklärungen,

Danksagung

1.o. EINLEITUNG

Mit den vorliegenden Untersuchungen greifen wir noch einmal eine Fragestellung auf, welche unter klinischen und arbeitsphysiologischen Gesichtspunkten besonders in den dreißiger bis sechsziger Jahren untersucht worden ist.

Mehrere Arbeitsgruppen beschäftigten sich damals mit vegetativen, endokrinen und metabolischen Reaktionen auf eine UV-Exposition.
Bei einigen Krankheitsbildern wurden UV-Strahlen unter der Vorstellung einer vegetativen Einflußnahme benutzt (Einzelheiten unter 1.3. und 1.4.).

In den folgenden Jahren ließ die Beschäftigung mit UV-biologischen Fragen in der klinischen Medizin nach. Neue Möglichkeiten pharmakologischer Therapie beherrschten das allgemeine Interesse.
Eine neue Entwicklung bahnte sich in den letzten Jahren an,als mit sog. Solarien zahlreiche Gesunde, aber auch Patienten in Laieninstituten mit biologisch wirksamer Strahlung behandelt wurden.
Es fehlt nicht an Stimmen, welche diese Entwicklung kritisch betrachten. Diskutiert wird vor allem die Cancerogenität von UV-Strahlen, die wir hier jedoch nicht weiter besprechen wollen.Insbesondere ist sie für den UVC-Bereich in hohem Maße gegeben.(3,4,25)

Ebenso wird die Elastose nach wiederholter Schädigung der Bindegewebsstrukturen als Folge von UVB-Bestrahlung diskutiert (2,3,25). Auch kann eine subaktive oder nicht erkannte Lungentuberkulose, sowie ein Lupus erythematosus unter intensiver

ultravioletter Bestrahlung in einen fulminanten Verlauf übergehen (33). JÜNGLING (26) beschreibt urtikariell -allergische Reaktionen auf UV-Exposition nach Gabe von Tetracyclinen und Sulfonamiden. Für die klinische Medizin ergibt sich damit die Notwendigkeit , den Effekt verschiedener UV-Spektren noch einmal zu analysieren.

Zusätzliche Gesichtspunkte ergeben sich auch insofern, als mit der Entwicklung moderner Leuchtstoffröhren neuartige Wellenspektren hergestellt werden können (siehe 1.2.). Sie unterscheiden sich wesentlich von den bisher bekannten Spektren der Kohlebogen-u.Quecksilberdampflampe.

Um die uns interessierende Problematik, die benutzten Methoden und unsere Ergebnisse in die bisherige Literatur einordnen zu können, fassen wir die historische Entwicklung noch einmal kurz zusammen.

1.1. GESCHICHTE DER UV-BIOLOGIE

Bereits in der ältesten uns überlieferten Literatur finden sich Mitteilungen über den therapeutischen Wert und den klinischen Einsatz von Sonnenlicht. HIPPOKRATES und GALEN sprachen einer Bestrahlung mit Sonnenlicht eine allgemein roborierende Wirkung zu. Die alten Römer bauten "Solarien", um sich dem Licht so stark wie möglich auszusetzen. In Ägypten legte man große Sandgruben an, in denen ein regelrechter Sonnenkult betrieben wurde.

1774 behandelte FAURE das Ulcus cruris mit Sonnenlicht, wenig später versuchte HUFELAND (1795) die Skrofulose heliotherapeutisch zu heilen. 1855 unternahm RICKLI in Veldes den Versuch, das natürliche Licht der Sonne in einem Solarium therapeutisch zu nutzen. (Übersicht bei 45). Trotzdem gewann damit die Lichtbehandlung noch keine allgemeine Bedeutung. Erst die experimentellen Arbeiten von FINSEN (13) trugen zu einer bahnbrechenden Beachtung und klinischen Bedeutung bei. Er zeigte, daß nicht das sichtbare Licht oder die Wärmebestrahlung für die Erythembildung und Pigmentierung der Haut verantwortlich gemacht werden können, sondern eine unsichtbare Strahlung von der Sonne, die er zu der damaligen Zeit als "chemische Strahlung" bezeichnete.

Folgender Versuch FINSENS lieferte den Beweis für seine Vermutung:

Er bedeckte einen Teil des Unterarmes mit einem schwarzen Streifen und belichtete ihn vier Stunden mit intensivem Sonnenlicht. Nach Entfernung des Streifens zeigte sich die abgedeckte Stelle der Haut als völlig unverändert, während die belichteten Zonen mit einem heftigen Erythem reagierten. Nach wiederholter Lichtexposition ohne Abdeckung (eine Woche später), bildete sich nur an der vorher unbelichteten Haut erneut ein Erythem aus, die geröteten Hautflächen reagierten nicht mehr.

Dieses Experiment ließ FINSEN zu dem Schluß kommen, daß das Erythem, ähnlich einem Filter, undurchlässig für die "chemischen Strahlen" sei.

Versuche von WIDMARK und HAMMER (Literatur bei 45) an Nordpolfahrern,Rudersportlern und Gletscherbesteigern zeigten ähnliche Phänomene an teils belichteten und abgedeckten Hautpartien der Sportler.
Eine weitere Darstellung der UV-Strahlung gelang BLUNT (5) in enger Zusammenarbeit mit FINSEN, indem er mit gefiltertem Kohlebogenlicht Bakterienstämme bestrahlte. Mit Hilfe von farbigen Quarzfiltern wurde das sichtbare Spektrum des Bogenlichtes eliminiert. Die Reststrahlung wurde nun zur Behandlung von verschiedenen Bakterienstämmen benutzt. Aus diesem Versuchen ging hervor, daß bestrahlte Kulturen viel langsamer wachsen als unbestrahlte Kontrollen. BLUNT schrieb diesen Effekt den ultravioletten Strahlen zu. (siehe 1.2.)
Etwa zur gleichen Zeit begann die gezielte Behandlung der Knochen-und Hauttuberkulose mit UV-Bestrahlung (siehe 1.3.). 19o3 errichtete ROLLIER(41) in Laysien mehrere Kliniken, die in verschiedenen Höhen lagen (von 125o - 151o Metern), um die unterschiedliche Wirkung der Heliotherapie zur Behandlung der Knochen-Tuberkulose zu erforschen.
Der weitere Verlauf der UV-Geschichte ist eng mit den Technologien der Neuzeit verbunden, sodaß an dieser Stelle auf Kapitel 1.2. und 1.3. verwiesen wird.

1.2. TECHNOLOGIE DER UV-STRAHLEN

Ultraviolette Strahlen sind unsichtbar für das menschliche Auge. Im Spektrum der elektromagnetischen Wellen beginnt die UV-Strahlung nach dem blau-violetten Licht, daher auch der Name.
Das UV Gebiet wird eingeteilt in:

weiche	:	UVA - Strahlen
harte	:	UVB - Strahlen
sehr harte	:	UVC - Strahlen

Die drei für medizinische Zwecke interessanten Bereiche sind:

UVA	4oo - 315 nm
UVB	315 - 28o nm
UVC	unterhalb 28o nm

Die Bereiche der ultravioletten Strahlen im Gesamtspektrum der elektromagnetischen Wellen ist aus Abb 1A zu entnehmen.
Gegenüber dieser Einteilung der verschiedenen ultravioletten Bereiche deckt sich die gesamte UV-Strahlung des natürlichen Sonnenlichtes von 297 - 3oo nm mit den o.g.Bereichen. (Die Verhältnisse im Hochgebirge verschieben sich etwas zu Gunsten der kurz - welligeren Strahlung bis 278 nm, in Höhen von 2ooo-3ooo m, da hier der Filtereffekt von Dunst, Staub und Luft entfällt).
Die ersten wissenschaftlichen Äußerungen über ultraviolette Strahlung stammen von FINSEN (13),UNNA, WIDMARK und HAMMER (Übersicht bei 45) aus den Jahren 1891 bis 1894. Dabei war die erste künstliche UV-Quelle die von FINSEN (13) entwickelte Bogenlampe.

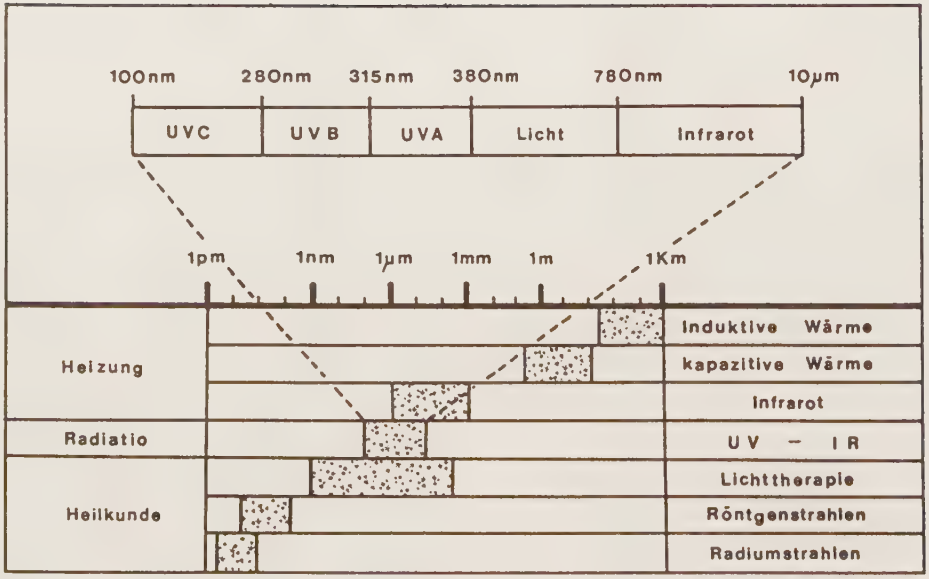


Abb. 1A. Spektrum der elektromagnetischen Wellen.
(Nach Schröpl 1981)

Es handelte sich hierbei um zwei Graphitstäbe, an denen eine elektrische Spannung lag.
Durch Zusammenfügung der angespitzten Enden der Graphitstäbe wurden diese durch den elektrischen Strom zur Weißglut erhitzt und dann auseinandergezogen. Die hohe Temperatur zwischen den Stäben bewirkte eine Ionisation der Luft, sodaß es zu einer elektrisch leitenden Luftstrecke kam,in der eine Gasentladung stattfand. Da die Ausbeute von UV-Strahlung dieser Lampe nur sehr gering war,entwickelte man 1895 im Kopenhagener Finseninstitut die "Eisenelektrodenlampe", deren Brennstäbe aus metallischem Eisen waren. Der entscheidende Vorteil dieser Lampe war die verkürzte Brennstrecke und der wesentlich größere Gehalt an UV-Strahlen, allerdings eine viel aufwendigere Strahlenquelle, da die Elektroden wassergekühlt werden mußten.
Der klinische Einsatz dieser UV-Lampen stellte sich bald als ungeeignet heraus, da alle Bogenlampen eine außerordentlich hohe Betriebstemperatur aufwiesen und für die damalige Zeit sehr hohe Stromstärken benötigten. Auch die von MATHIESEN (Übersicht bei 17) entwickelte Kandem-Bogenlampe,deren Lichtbogen mit einer höheren Spannung erzeugt wurde, um bei gleicher Ionisation etwas "kälter" zu brennen, konnte keine wesentliche Verbesserung aufweisen.

Bahnbrechend in der Entwicklung von UV-Strahlern war der Bau der ersten Quecksilberdampflampe 19o4 von KÜCH (31), ursprünglich nur für den Einsatz von Beleuchtungszwecken gedacht.
Der UV-Brenner bestand aus einem dünnen rohrförmigen Quarzglas das als Entladungsgefäß diente. An beiden Enden des mit Quecksilberdampf gefüllten Rohres

befand sich eine Hauptelektrode. Neben einer Hauptelektrode , wobei die Seite keine Rolle spielt, befand sich noch eine kleine Hilfselektrode, die zur Zündung diente. Beim Anlegen einer elektrischen Spannung an die Hilfselektrode und ihrer benachbarten Hauptelektrode entstand eine Glimmladung, welche die eigentliche Entladung über die Hauptelektrode herbeiführte.
Nach 3 - 5 minütiger"Einbrennzeit" konnte der UV-Brenner dann eingesetzt werden. Da man in ihm abgesehen von der Lichtemission, einen starken UV - Strahler gefunden hatte, entwickelte die Firma Hanauer - Quarzlampengesellschaft aus diesem Prinzip die heute noch gebräuchlichen Hg-Quarzbrenner (Spektrum siehe Abb 2A).
In der Zeit von 191o bis etwa Mitte dieses Jahrhunderts wurden alle in der heliotherapeutischen Literatur beschriebenen Behandlungen und Studien mit diesem Lampen durchgeführt.
Immer wieder als Nachteil stellte sich die Tatsache heraus, daß sie kein kontinuierliches, sondern ein Linienspektrum emittierten.Für viele Anwendungen war auch ein Nachteil darin zu sehen, daß die Lampen in den kurzwelligen Bereichen (UVC,UVB) mit höherer Energie strahlten als im langwelligen Bereich (UVA). Da sich zur damaligen Zeit die einzelnen UV-Bereiche noch nicht exakt durch Filter voneinander trennen ließen, konnten die Effekte der reinen UVA-Strahlung nicht von denen der UVB und UVC - Strahlung getrennt werden.

Aus der Entwicklung des Physikers BRAUN (7), der um 19o9 zum Bau seiner "Braunschen Röhre" eine Fluoreszenzschicht benutzte um einen Elektronenstrahl sicht-

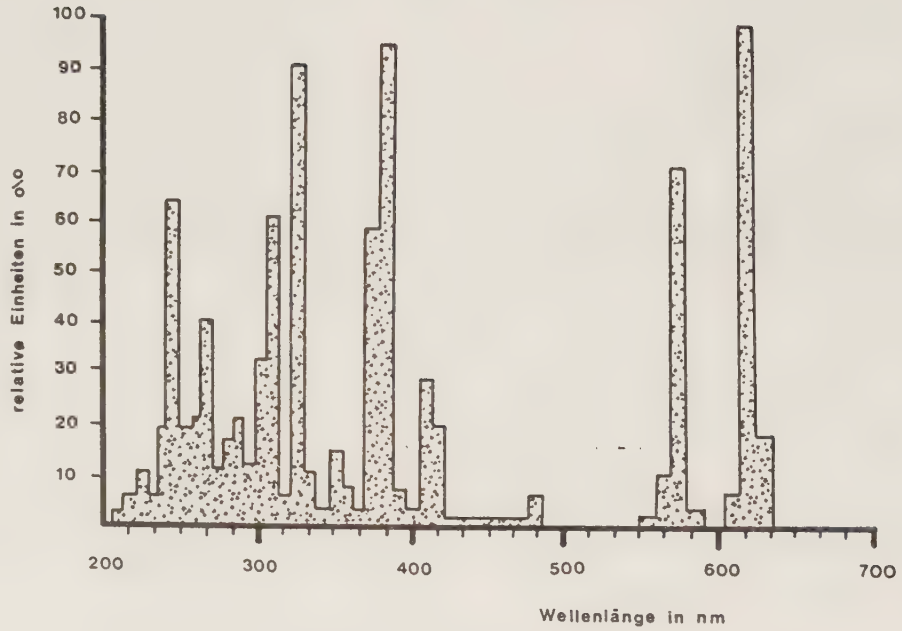


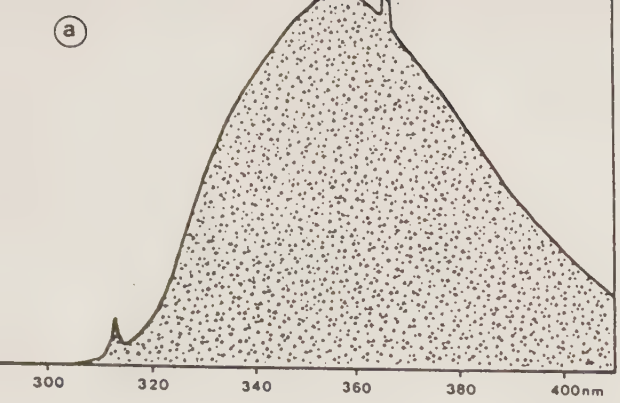
Abb: 2 A Spektrale Energieverteilung einer Quecksilberdampflampe
(Nach Schröpl 1981)

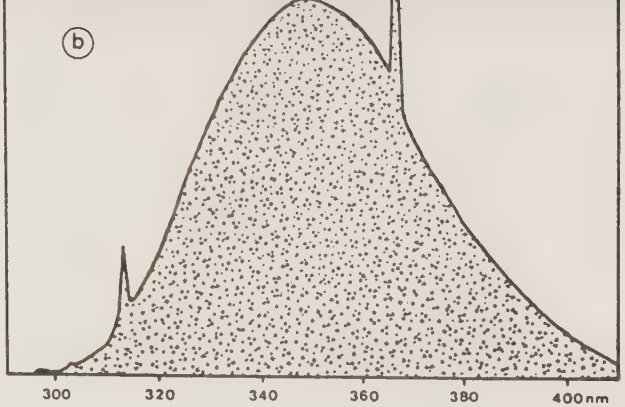
bar zu machen, resultierte die weitere Entwicklung von UV-Quellen. Es zeigte sich,daß solche Fluoreszenzschichten auch geeignet waren, elektromagnetische Entladungsstrahlungen in Licht und UV der verschiedensten Spektren umzusetzen. Diesen Effekt machte man sich bei dem Bau von Niederdruck-Fluoreszenzröhren (sog.Leuchtstofflampen) zunutze. Leuchtstofflampen sind Hg-Niederdrucklampen, in denen die UVC - Strahlung durch Leuchtstoff in langwellige Strahlung umgewandelt wird.Die genaue Spektralverteilung hängt vom Leuchtstoff und von der spektralen Durchlässigkeit des Kolbengases ab (39, 43,52).
Somit gelang der Bau von Lampen, die ein kontinuierliches Spektrum im UVA und UVB Bereich hatten (siehe Abb 3A).

1.3. BIOLOGISCHE UND PHARMAKOLOGISCHE WIRKUNG DER UV - STRAHLEN

1.3.1. DIE HAUTREAKTION

Die Reaktion der menschlichen Haut auf eine UV-Exposition hängt im wesentlichen von ihren anatomischen Strukturen, insbesondere der Gewebsdichte und Färbung, sowie von der spektralen Zusammensetzung der Strahlen ab. Vom chemischen Gesichtspunkt aus wird bei der UV-Bestrahlung die Wirkung der Lichtenergie ausgenutzt, die in Abhängigkeit von der Wellenlänge und der Eindringtiefe in die Haut zunächst zu einem Primäreffekt der molekularen Energieabsorption in Form von Dissoziation und Elektronenübergängen führt, gefolgt von einer Summe photobiologischer Sekundärreaktionen. Diese werden chemisch unterschieden in Photolyse,Isomerisation,Pho-





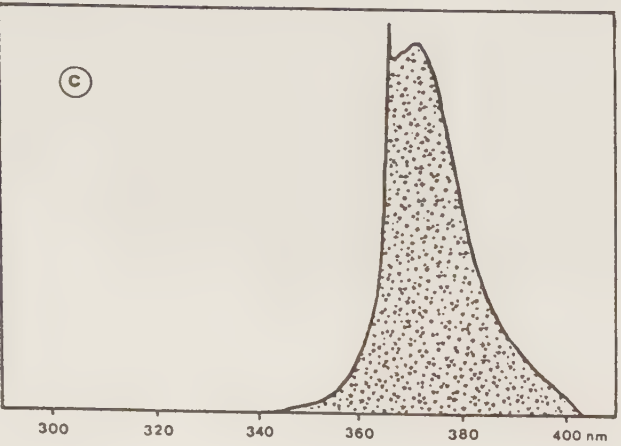


Abb. 3A. UV Übersichtsspektren der eingesetzten Strahlenquellen

(a) RELARIUM (Typ Wolf – System B2-0040W)

(b) HELARIUM (Typ Wolf – System B1-0040W)

(c) SYLVANIA (gefiltert) (Fa. Sylvania Typ F75/85W 2051)

toaddition (Polymerisation) und zuletzt in eine Dimerisation. Letzteres gilt insbesondere für das Pyrimidin (54). In Abhängigkeit von der Wellenlänge beschreiben SCHRÖPL (48) und STÜTTGEN (54) verschiedene Eindringtiefen der UV-Strahlung in die Haut. Je langwelliger die Strahlung, desto tiefer ist ihr Eindringvermögen. Die Hornhautschicht absorbiert das UVC, die Epidermis UVB und zu letzt das Corium UVA. Das bedeutet, daß die energetisch höhere , kurzwelligere Strahlung am oberflächigsten, die weniger energetische, langwellige Strahlung am tiefsten in die Haut eindringt. (Spektren siehe 1.2. Abb 1A)

Folgende chronologisch ablaufenden Phänomene sind nach einer UV-Exposition mit Quecksilberdampflicht zu beobachten:

1. DAS HITZEERYTHEM

Es erscheint ca. lo Min.nach Bestrahlungsbeginn. Verantwortlich für sein Erscheinen ist die flächige Hyperämie, die durch eine Erweiterung der Hautkapillaren hervorgerufen wird. Jede Wärmebestrahlung zeigt diesem Effekt. Nach einer halben bis einer Stunde post radiationem bildet es sich wieder zurück und es folgt:

2. DAS LICHTERYTHEM, nach einer Latenzzeit von zwei bis sechs Stunden. Es ist durch diffuse gleichmäßige Rötung der bestrahlten Haut charakterisiert und gleicht einer Verbrennung 1.Grades. (Phänomene wie "Brennen"und Berührungsschmerz der Haut sind während dieser Phase identisch mit dem klinischen Bild einer Verbrennung 1.Grades).

Allerdings ist die subjektive Schmerzwahrnehmung,abhängig vom verwendeten UV-Strahler, sehr verschieden. Das Lichterythem, welches von einer Quecksilberdampf-

lampe hervorgerufen wird, ist nach JÜNGLING (26) viel weniger schmerzhaft als das von Sonnenlicht. HOLTZ (21) beschreibt, daß in der Stachelschicht ein intrazelluläres Oedem entsteht. Gleichzeitig findet sich in der Cutis eine intravaskuläre Leukozytenansammlung und eine Gefäßerweiterung. Die Gefäßerweiterung und damit die Sauerstoffversorgung des Gewebes spielt eine große Rolle.

Je nach Intensität bleibt das Erythem drei bis sechs Tage bestehen und es folgt:

3. DIE PIGMENTIERUNG ab dem zweiten bis dritten Tag.

JÜNGLING (26) unterscheidet die Sofortpigmentierung nach UVA von der Pigmentierung im Anschluß an das Erythem, welches immer nach UVB - Expositionen erscheint. Histologisch finden sich bei der Sofortpigmentierung nach HAMPERLet al. (18) keine Zellveränderungen sondern lediglich Dunkelungsprozesse der in den Dentritenzellen sitzenden Pigmentkörper.Es handelt sich um die Umwandlung der in der gesamten Haut vorhandenen sauerstoffarmen, hellen Form des Melanin, in seine sauerstoffreiche. Der Vorgang ist als reversiebler oxydativer Prozess aufzufassen, bei dem UVA als Sauerstoffmobilisator wirkt. ROLLIER (41) weist auch auf eine systematische Wirkung der UV-Bestrahlung über den Blutkreislauf hin, bei der die Zunahme der hormonalen Leistung insbesondere des Hypophysenhinterlappens eine Rolle spielt.HOLZMANN et al. (23)beschreiben, daß Veränderungen der endokrinen Balance die Pigmentsynthese der menschlichen Haut stark beeinflussen können.

Im Gegensatz dazu findet man bei der Erythem induzierten Pigmentierung nach UVB-Bestrahlung eine

Pigmentwanderung aus der tiefen Basalzellschicht in die oberflächigen Epithelschichten, mit denen das Pigment später abgestoßen wird. Außerdem kommt es zu einer Destruktion der Keratinozyten. Bei der Pigmentierung handelt es sich ebenfalls wieder um einen oxydativen Vorgang, der unter Vermittlung von Dopaoxydase vor sich geht. Das helle linksdrehende Dopamin wird unter Wirkung der Oxydase in schwarzbraunes Melanin umgewandelt, welches sich in der oberen Epidermis sammelt.
Einen eindrucksvollen Hinweis auf den Zusammenhang zwischen Hautdurchblutung und der Reaktion post radiationem sahen wir jedesmal nach einer weichen 3o-minütigen UVA-Bestrahlung, die eine Sofortpigmentierung nach sich zog. Es kam zu einer schwächeren Pigmentierung an den Hautpartien, welche durch Lagerung des Probanten komprimiert wurden. (Schulterblätter,paravertebrale Rückenmuskulatur und Waden). Nach HOLTZ (21)und SCHRÖPL (48) ist der Sauerstoffgehalt der Haut ein wichtiger Faktor bei der Pigmententstehung. Vermindert man ihn, (z.B. wie bei unserem Versuch durch Lagerungsdruck), sinkt mit dem Gewebssauerstoffgehalt auch der Pigmentationseffekt. Oben genannte Autoren zeigten das durch Pigmentvergleiche von UV-Bestrahlungen mit simultaner Infrarotbestrahlung und ohne.
Nach der Pigmentierung der Haut, insbesondere nach längerer Bestrahlungsdauer folgt die
4. LICHTSCHWIELE. Sie entsteht durch den wiederholten Reiz von UV-Strahlung auf die Proliferationsrate der Stachelschicht der Haut, welche zu einer Verdickung der Hornhautschicht führt. Messbare Hornhautverdickungen treten allerdings erst nach lo-l4 Tagen und nach wiederholter Bestrahlung auf. (HOLZ 21)

Als letzte Wirkung wiederholter Ultraviolett-bestrahlung ist noch die
5. GEWÖHNUNG zu nennen. Sie ist individuell sehr verschieden. Hautfarbe, Behaarungstyp und Hautbeschaffenheit spielen die Hauptrolle (Übersicht bei KUNZE 32). Rothaarige Menschen , deren Haut zusätzlich starke Ephelides aufweist, zeigen keine Gewöhnungseffekte nach UV-Expositionen. Sie reagieren immer nur mit einem Erythem.

1.3.2. ZUSATZKRITERIEN

Als weitere Parameter, welche die Lichtansprechbarkeit der Haut beeinflussen, stellt JÜNGLING (26) noch folgende Kriterien heraus:

A). DAS ALTER

Ordnet man den verschiedenen Altersgruppen ihre jeweilige Lichtempfindlichkeit zu, so besitzt der Säugling die höchste Erythemschwelle. Die Empfindlichkeit steigt dann bis zum zehnten Lebensjahr an, fällt in der Pubertät wieder etwas ab und erreicht im mittleren Alter ihren Höhepunkt. Vom 5o. Lebensjahr ab wird die Lichtempfindlichkeit dann wieder schwächer. (siehe Abb 4A)

B). DIE HAARFARBE

Die Blonden sind im Allgemeinen 4o - 17o% lichtempfindlicher als die Dunkelhaarigen. Unter den Blonden sind die Rot-Hellblonden wieder doppelt so empfindlich wie die Dunkelblonden.

C). DAS GESCHLECHT

Die Haut der geschlechtsreifen Frau ist im Allgemeinen um 2o% weniger empfindlich als die des

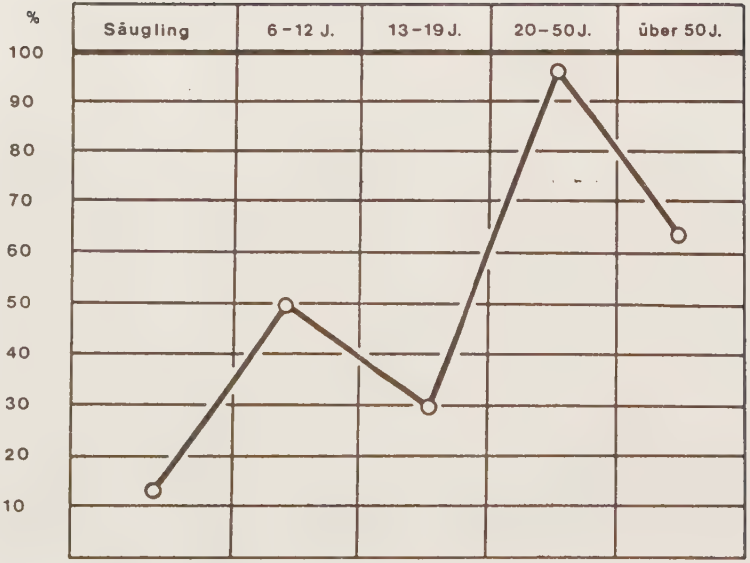


Abb: 4 A Lichempfindlichkeit der verschiedenen Altersstufen. (Nach Jüngling)

Mannes. (14,44).(Mit ein Grund, weswegen bei unseren Versuchen auf weibliche Probanden verzichtet wurde.

D). DIE JAHRESZEIT

Nach ELLINGER (12) bestehen beträchtliche jahreszeitliche Schwankungen der Lichtempfindlichkeit. Aus der Abbildung 5A geht hervor, daß in der lichtarmen Jahreszeit von Oktober bis April die Lichtempfindlichkeit gegenüber den Sommermonaten am größten ist. Im Gegensatz dazu nimmt sie von Mai bis September sehr stark ab.

1.4. KLINISCHE ANWENDUNG DER UV-STRAHLEN

Seit den ersten Versuchen von FAURE 1774 , das Ulcus cruris, und von HUFELAND 1795 , die Skrofulose heliotherapeutisch zu behandeln, wurde der klinischen Anwendung von UV-Strahlen in der Medizin große Bedeutung zugeschrieben.
RICKLI (Übersicht bei 45) gründete 1855 in Veldes die erste Lichtheilstätte zur systematischen Erforschung des Sonnenlichtes. Um 19oo richtet NOIRE angeregt von RICKLI, in Paris ebenso eine heliotherapeutische Behandlungsstätte ein. (Übersicht bei 45) 1876 behandelte zu der Zeit schon FINSEN (13) den Lupus vulgaris mit ultravioletter Strahlung. Auch bei dem Krankheitsbild der Alopecia areata konnte er Heilerfolge erzielen. Stoffwechselerkrankungen wie Gicht und Diabetes mellitus wurden nach SCHMIDT (45) zu Anfang dieses Jahrhunderts ebenfalls heliotherapeutisch behandelt. Nachdem KÜCH (31) die Quecksilberdampflampe eingeführt hatte,bestrahlte man auch chronische Ekzeme, insbesondere das Ulcus cruris

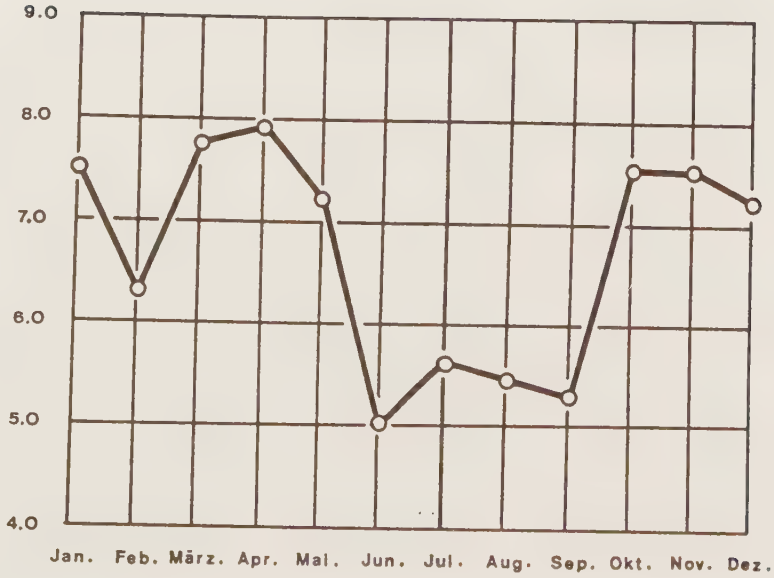


Abb: 5 A Jahreszeitl.Schwankung der Lichtempfindlichkeit (nach Ellinger)

erfolgreich mit ultravioletter Strahlung.

Die allgemein roborierende Wirkung der Bestrahlung des gesamten Körpers wird von vielen Autoren beschrieben (1,15,2o,33,34,59).
Für Gesunde wurde eine Verbesserung sowohl der mentalen (32,36,57) als auch der körperlichen (1o, 15,2o,3o,34,38,42) Leistungsfähigkeit beschrieben.
In der heliotherapeutischen Literatur bis in die fünfziger Jahre wurde die UV-Exposition auch für die Behandlung der Hypertonie, Anämie, Stenokardie, des Asthma bronchiale und funktioneller intestinaler Erkrankungen einschließlich Magen- und Darmulcera eingesetzt (1,22,33,36,53,58,59).
Nach WIESNER (6o) konnte durch extrakorporale Bestrahlung von Citratblut, welches post radiationem wieder zurückinfundiert wurde, die beschwerdefreie Laufstrecke bei Claudicatio intermittens bis zum 3oo-fachen gesteigert werden. Den überwiegend wirksamen Mechanismus sehen die meisten Autoren in der Beeinflussung konstitutioneller Besonderheiten und in einer umfassenden Umstimmung vegetativer Funktionen.
194o zitierten hierzu PARADE und OTTO (38) eine Auseinandersetzung, in welcher eine UV-Exposition als Mittel des Dooping aufgefaßt worden ist.

Durch die Fortschritte der Antibiotika- und der Chemotherapie wurde die Ultraviolettbestrahlung als kausale Therapie immer mehr in den Hinter - grund gestellt.
Insbesondere gilt dies für verschiedene Formen der Tuberkulose. Daraus ist verständlich, daß sehr bald das Interesse an der UV-Behandlung nachließ. Als gut begründete Indikationen gelten heu-

te noch eine Behandlung der Hyperbilirubinämie bei Frühgeburten (14,35,44)und einige dermatologische Krankheitsbilder wie Psoriasis vulgaris, Mycosis fungoides und Pemphigus vulgaris. Auch der rezidivierende Herpes simplex, der bekanntlich häufig durch starke Sonnenbestrahlung ausgelöst wird, kann durch eine vorsichtige UV-Exposition in steigender Dosierung oft ganz zum Verschwinden gebracht werden (33). In der Reihe der nicht dermatologischen Erkrankungen hat die UV-Behandlung nur noch eine Bedeutung der Prophylaxe z.B. gegenüber Rachitis des Kindes, oder in der Rekonvaleszenz nach Operationen und schweren Geburten in Verbindung mit sekundären Anämien (24,45).
In den letzten Jahren beschäftigte sich das allgemeine Interesse wieder etwas mehr mit der Problematik des UV, nachdem neue Technologien (siehe 1.2.) eine selektive Bestrahlung nur mit langwelligem UVA ermöglicht haben. Dabei wurde eine Entwicklung eingeleitet, in der zahlreiche Gesunde im häuslichen Bereich und in sog.Solarien von Laien behandelt wurden. Die Vorteile und evtl.Gefahren dieser Situation wurden bisher überwiegend unter kosmetischen und dermatologisch-onkologischen Gesichtspunkten diskutiert (4,61). Die klinische Bedeutung, die einer weichen UVA-Exposition mit neuzeitlichen Bestrahlungsgeräten zukommen könnte, wurde dabei außer acht gelassen. Insbesondere die Tatsache, daß bei der reinen UVA-Bestrahlung, im Gegensatz zu UVB, in physiologischer Dosierung kein Erythem entsteht, deutet auf verschiedene Mechanismen der einzelnen Spektren hin. Aus diesem Grund hielten wir es für sinnvoll, den Einfluß des langwelligen UV-Lichtes (UVA) gegenüber dem bisher gebräuchlichen

der Quecksilberdampflampe (UVB) zu überprüfen.

2.0. PROBLEMSTELLUNG

Wir interessieren uns für das Verhalten einiger vegetativer Funktionsparameter unter einer einmaligen (Teil A), sowie seriellen (Teil B), ultravioletten Bestrahlung. Dabei kam es uns besonders darauf an, ob bei der Exposition mit UVA, unter Umgehung eines Erythems, ähnliche Effekte zu beobachten sind wie unter UVB-Bestrahlung. Außerdem untersuchten wir eine nicht erythemwirksame UVB - Dosis, um zu überprüfen, ob vegetative Veränderungen auch ohne sichtbare Hautveränderungen auftreten können.
Bei den seriellen Versuchen (Teil B) wurde die Reaktionszeit auf ein optisches, sowie ein akustisches Signal vor und nach den Bestrahlungen mit UVA bzw. UVB verglichen. Gleichzeitig bestimmten wir die Pulsfrequenz in Ruhe, bei körperlicher Belastung und in der Nachruhe. Außerdem die Systolendauer und die Pulswellengeschwindigkeit, aus denen der elastische Kreislaufkoeffizient nach BRÖMSER und RANKE (8) errechnet wurde.

3.1. EXPERIMENTELLER TEIL A (Akutversuch)

3.1.0. VERSUCHSANORDNUNG

Als Versuchspersonen dienten in der ersten Meßreihe mit Akutversuchen 12 gesunde jugendliche Männer. Einige antropometrische Angaben zu den Versuchspersonen werden in Tab. 1A gemacht.

Versuchs-pers. Nr.	Gewicht (Kg)	Körpergr. (cm)	Alter (J)	Ruhepuls (min^{-1})	Erythem-schwellen-zeit (min)	Temperatur (Versuchsbeginn)
1	73	186	27	7o	6	36,6
2	82	18o	27	64	8	36,o
3	6o	175	19	68	15	36,5
4	75	185	23	84	8	36,7
5	71	174	28	57	12	36,1
6	8o	184	23	66	12	36,5
7	65	178	22	69	8	36,6
8	62	165	23	62	4	36,o
9	62	172	23	68	6	36,4
1o	73	183	25	71	6	36,5
11	75	178	27	67	1o	36,7
12	72	175	22	66	1o	36,4

Tabelle 1 A Antropometrische Daten der 12 Versuchspersonen

Folgende Kriterien wurden für die Auswahl der Versuchspersonen angewandt:

1.) Alter 18 - 35 Jahre ($\bar{x}$ = 24,1; s = 2,7)
2.) Keine Übergewichtigkeit
3.) Keine erkennbaren Organerkrankungen
4.) Keine psychischen Störungen
5.) Keine Einnahme von Psychopharmaka
6.) Freiwillige Teilnahme
7.) Weibliche Versuchspersonen wurden ausgeschlossen, da sie im geschlechtsreifen Alter einen biphasischen Zyklus besitzen, der sich verändernd auf das Vegetativum, insbesondere die Temperatur und die Pulsfrequenz auswirkt(56).

In randomisierter Reihenfolge und in mindestens einwöchentlichem Abstand zwischen den einzelnen Terminen wurde jede Versuchsperson unter vier Bedinungen untersucht.

1. Bestrahlung mit überwiegend langwelligen UV-Strahlen (UVA) über 3o Minuten.
2. Bestrahlung mit UVB-betonter Strahlung über 15 Minuten.
3. Bestrahlung wie bei 2. nur über 5 Minuten.
4. Dasselbe Untersuchungsprogramm wie 1.-3. ohne UV-Exposition.

3.1.1. ZEITLICHER VERSUCHSABLAUF

Um die Versuchsbedingungen möglichst einfach zu gestalten und Störeinflüsse zu reduzieren, wurde ausschließlich das Verhalten der Pulsfrequenz und der Temperatur untersucht. An einem Versuchstag wurden immer zwei Probanden untersucht. Der Versuchsbeginn jeder einzelnen Person war um 3o

Minuten verschoben, da die Bestrahlungen und Belastungen nicht gleichzeitig bei beiden vorgenommen werden konnten.
Nach 3o Minuten Vorruhe auf einer bequemen Liege mit leicht angewinkeltem Kopfteil wurde die erste Ruhepulsfrequenz fünf Minuten lang gemessen.
Im Anschluß daran stellte sich die Versuchsperson rasch aufrecht, sodaß die orthostatische Reaktion zwei Minuten lang gemessen werden konnte.
Unmittelbar danach wurde der Versuchsperson ein Gummigürtel mit drei Elektroden um die Brust gelegt und auf der Kletterstufe nach KALTENBACH (28) sechs Minuten lang mit 7 mkp/sec/1,73m^2 belastet. Im Anschluß daran legte sich der Proband auf eine Liege, sodaß die Erholungspulsfrequenz 5 Minuten lang registriert werden konnte.(Siehe Abb 6A obere Darstellung,Arbeitsversuch. Die Zeiteinteilung des Gesamversuches über den ganzen Tag ist in dem unteren Bildteil dargestellt).

Unter Berücksichtigung eines verschiedenen biologischen Wirkungsgrades beider Arbeitsformen entspricht eine Belastung mit 7 mkp/sec/1,73 m^2 an der Kletterstufe einer Belastung mit 68 W/1,73 m^2 am Fahrradergometer.
Zusätzlich wurde die Mundtemperatur um 8,1o,12, 14 und 16 Uhr mit einem Quecksilberthermometer bestimmt.
Nach diesem Untersuchungsprogramm folgte die Bestrahlung bzw.für den Leerversuch eine Verweildauer von 3o Minuten des Probanden auf ausgeschalteter Bestrahlungseinheit. In zweistündigem Zeitintervall wurde weiterhin noch vier mal post radiationem ein solcher Arbeitsversuch durchgeführt (siehe Abb 6A untere Teil). In der dazwischen lie-

genden Zeit ruhten die Probanden auf ihren Liegen und es wurde in halbstündigem Intervall jeweils fünf Minuten lang ihre Pulsfrequenz gemessen. Der Aufenthaltsraum der Testpersonen war durch Stellwände getrennt, um ein Minimum an Ablenkung zu erreichen. Die Raumtemperatur betrug etwa 2o^{o}Celsius. Angenehme Beleuchtung und nur knappe Anweisungen zum Versuch schafften eine entspannte Atmosphäre. Während des neunstündigen Versuchsablaufes wurde für ausreichende Verpflegung der Probanden gesorgt.
Um Einflüsse durch die natürliche Sonnenbestrahlung weitgehend zu vermeiden, fanden die Bestrahlungen in den Wintermonaten statt. Außerdem ist nach ELLINGER (12 ,siehe Abb 5A) in dieser Zeit die Hautempfindlichkeit gegenüber ultravioletten Strahlen am höchsten (siehe 1.3.1.).
Auch wurden die Probanden während der gesamten Untersuchungszeit angehalten, sich so wenig wie möglich dem natürlichen Sonnenlicht auszusetzen. 24 Stunden vor jedem Untersuchungstermin, dem sich jeder Proband insgesamt viermal zu unterziehen hatte, sollten extreme körperliche Belastungen sowie Tabak-und Alkoholgenuß unbedingt unterbleiben. Alle sonstigen Lebensgewohnheiten der Versuchspersonen sollten normal und alltäglich weiterbetrieben werden, jedenfalls keine wesentlichen Veränderungen erfahren.

3.1.2. METHODE DER ULTRAVIOLETTEN BESTRAHLUNG

Die Bestrahlungen erfolgten mit Hg-Fluoreszenzröhren (soq.Leuchtstoffröhren), deren Emissionsspektrum vor allem von dem ausgewählten Leucht -

stoff und von der Transmission des verwendeten Kolbengases bestimmt wird.
Ein UVA betontes Emissionsspektrum wurde mit der Relarium^{R}-Röhre erzeugt, einen zusätzlichen UVB-Anteil erhielten wir unter Verwendung der Helarium^{R} - Röhre (Wolff-System,Freiburg).
Die Übersichtsspektren im UV-Bereich gehen aus Abb 3A hervor. Die erythemwirksamen Bestrahlungsstärken betragen o,oo3 mW/cm^{2} (Relarium^{R}) bzw. o,ol4 mW/cm^{2} (Helarium^{R}); die pigmentwirksamen Bestrahlungsstärken liegen bei beiden Lampensystemen um 5 mW/ cm^{2} (bewertete Bestrahlungs - stärken nach DIN 5o31 Teil lo, Vornorm von Nov. 1979).
Auf einer Bestrahlungseinheit wurde die gesamte Versuchsperson gleichmäßig von oben und von unten bestrahlt. Die Augen der Versuchspersonen wurden während der Bestrahlungen durch Schutzschalen abgedeckt. UVA wurde bei allen Versuchspersonen einheitlich 3o Minuten dosiert, die Bestrahlungsdauer mit UVB betrug einmal 15 Minuten und einmal 5 Minuten. Während der 15-minütigen Bestrahlung bestimmten wir die Erythemschwelle über dem Brustbein mit einer Lochblende nach der Methode von WUCHERPFENNIG (62).
Es handelte sich hierbei um eine Lochblende, deren acht Löcher mittels eines Abdeckungsschiebers nacheinander geöffnet werden können. Alle zwei Minuten während der Radiatio mit UVB wurde ein weiteres Loch geöffnet, sodaß gegen Bestrahlungsende acht nebeneinanderliegende, in zwei minütigen Abständen gestaffelte Kreisscheiben auf der Haut zur Erythembeurteilung vorlagen. Nach sieben Stunden wurde abgelesen. Die gerade noch als gerötet zu beurteilende Hautfläche wurde als Schwellenwert der Erythembildung verwandt. (siehe Tab. 1A).

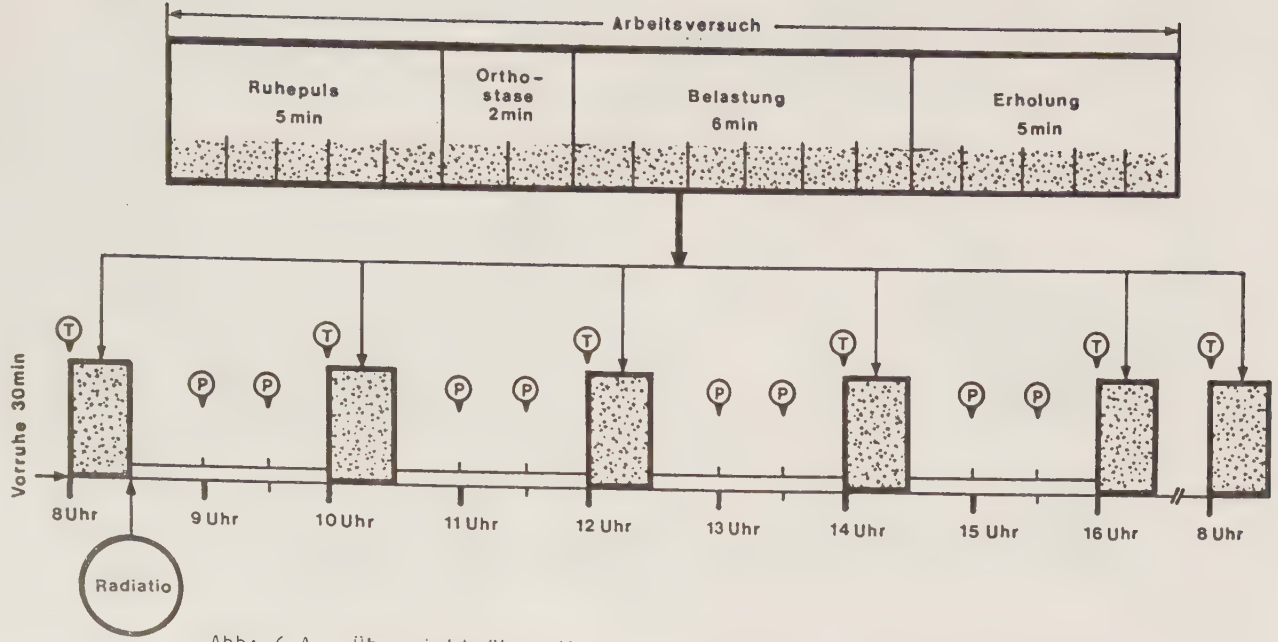


Abb: 6 A Übersicht über die zeitliche Anordnung der Arbeitsversuche (getönte Bereiche) der Temperatur- ((T)) und Ruhepuls-messungen ((P)) zwischen den Arbeitsversuchen. Der zeitlich dargestellte Arbeitsversuch (oberes Bild) wurde um 8,10,12, 14 und 16 Uhr sowie um 8 Uhr,24 Stunden nach Radiatio wiederholt.(unteres Bild).

Dabei war die erste Hautrötung einmal nach 4, dreimal nach 6,dreimal nach 8, zweimal nach lo, und zweimal nach 12 Minuten nachweisbar.Einmal bildete sich auch nach 15-minütiger Behandlung mit UVB kein Erythem aus.
Während also bei der Versuchsreihe 2 bis auf eine Ausnahme die Erythemschwellenreaktion erreicht wurde, erfolgten die Bestrahlungen in der Reihe 1 und 3 mit etwa gleich großen suberythemalen Dosen.

Bei Versuchsreihe 1 mit einer UVA-Dosierung ent - sprechend der Schwellenbestrahlung bis zur Haut - bräunung (nach DIN 5o31), bei Versuchsreihe 3 mit einer drei mal geringeren Dosis an UVB wie bei Versuchsreihe 2.

3.1.3. ERGEBNISSE

3.1.3.1. ALLGEMEINES

In Abb 7A ist beispielhaft eine der zweistündlich wiederholten Kreislaufuntersuchungen dargestellt. Es zeigt sich ein typisches Vehalten der Pulsfrequenz während der Untersuchungen in Ruhe, bei orthostatischer Belastung, Arbeit und nachfolgender Erholung. (Meßreihe 4. Untersuchungsergeb - nisse vor der Plazebobehandlung um 8 Uhr).Für die Darstellung wurden in diesem Falle die absoluten Pulswerte jeder gemessenen Minute aller zwölf Probanden gemittelt. Der Bereich des mittleren Feh - lers (S.E.M. = S / $\sqrt{n}$) ist getönt dargestellt. Entsprechend einer Belastung mit nur 7 mkp/sec/ 1,73 m^2 nimmt die Pulsfrequenz nur geringgradig zu. Innerhalb des Versuchskollektivs streuen die Ruhewerte in einem normalen Bereich.

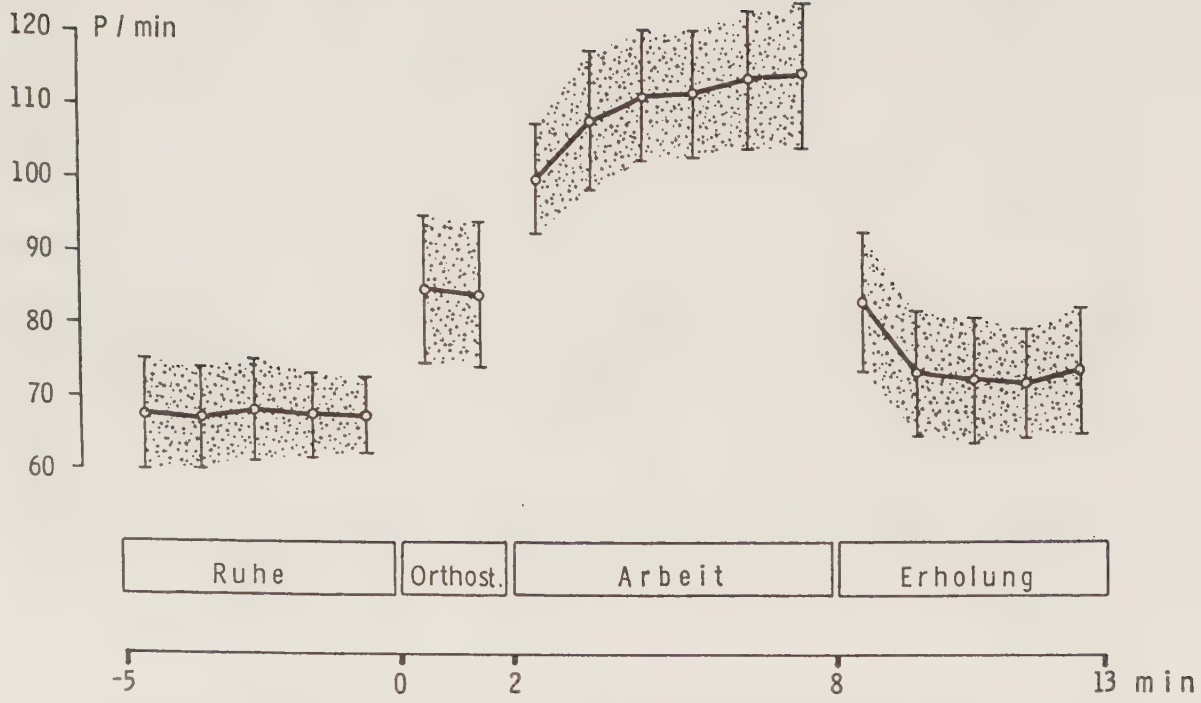


Abb. 7A. Beispiel einer der zweistündlich wiederholten Kreislaufuntersuchungen. Belastung mit 68 Watt/1,73 m^2 (Arbeitsversuch).

3.1.3.2. VERHALTEN DER MUNDTEMPERATUR

Abb 8A zeigt das mittlere Verhalten der Mundtemperatur (T_{oral}) an den Bestrahlungstagen mit UVA, UVB über 15 Minuten und UVB über 5 Minuten. Für jeden Meßwert wurde die aktuelle Differenz zu dem Ausgangswert der Versuche um 8 Uhr gebildet (Versuchsbeginn), es werden die Mittelwerte und die Bereiche des mittleren Fehlers (S.E.M. = $S/\sqrt{n}$) angegeben. Die getönten Flächen stellen den S.E.M.-Bereich der entsprecehnden Meßwerte vor und nach der Plazebobehandlung dar. Während bei diesen das typische Verhalten im Sinne der bekannten circadianen Rhytmik zu erkennen ist, steigt T_{oral} nach der UV-Exposition zunächst überschiessend an. Die Veränderung ist am ausgeprägtesten nach der 3o-minütigen Bestrahlung mit UVA. Nach 15 Minuten UVB ist sie deutlicher zu erkennen als nach der Bestrahlung mit nur 5 Minuten UVB. Ein erneuter Temperaturanstieg zum Zeitpunkt der Erythembildung nach 15-minütiger UVB-Exposition findet nicht statt. Vier Stunden post radiationem ist in allen Versuchsreihen wieder annähernd die gleiche Mundtemperatur erreicht.
Genaue Zahlenangaben zur Mundtemperatur werden in Tab 2A gemacht.

3.1.3.3. VERHALTEN DER PULSFREQUENZ

Für einen Vergleich zwischen den verschiedenen Meßreihen stören zunächst die unterschiedlichen Ausgangswerte. Für eine statistische Darstellung ist darüber hinaus die interindividuelle Streuung innerhalb einer jeden Meßreihe ungünstig. Das wissenschaftliche Interesse gilt aber überwiegend den Veränderungen der Pulsfrequenzen im Anschluß an eine jede

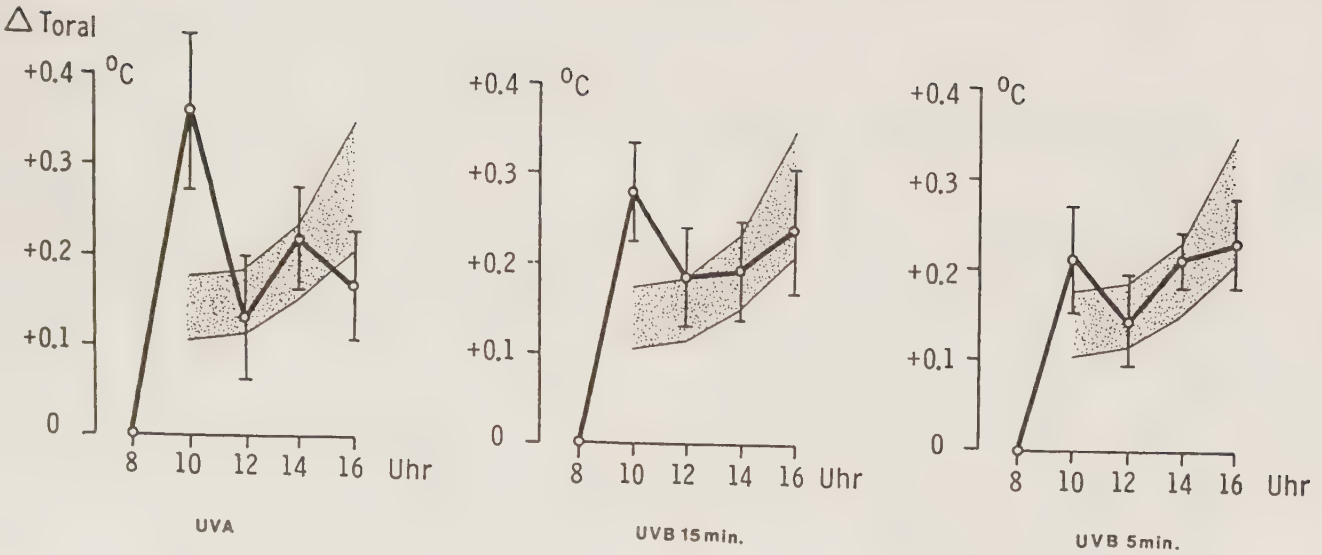


Abb. 8A Verhalten der Mundtemperatur vor, (8Uhr) und nach einer Bestrahlung mit UVA über 30 Minuten,mit UVB über 15 Minuten und über 5 Minuten. Es werden die Differenzen zu den Ausgangswerten um 8 Uhr dargestellt. Gleichzeitig wird in jeder Abbildung der S.E.M. Bereich nach dem Scheinversuch (getönte Flächen) angegeben. (n in jedem Fall = 12)

Bestrahlung mit:		UVA		UVB 15 min.		UVB 5 min.		Kontrolle	
Temperatur um:		$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
C°									
	8 Uhr	36,4	o,22	36,4	o,27	36,4	o,13	36,4	o,25
	1o Uhr	36,8	o,28	36,7	o,18	36,6	o,24	36,5	o,12
	12 Uhr	36,5	o,23	36,6	o,19	36,5	o,17	36,5	o,12
	14 Uhr	36,6	o,21	36,6	o,18	36,6	o,11	36,6	o,14
	16 Uhr	36,6	o,21	36,6	o,23	36,6	o,2o	36,7	o,23
nach	24 Stunden	36,6	o,24	36,6	o,2o	36,6	o,22	36,6	o,15

Tabelle 2 A Zahlenangaben zu Abb.8A. Absolute Werte der Mundtemperatur vor, (8Uhr) und nach (10 bis 16 Uhr und am folgenden Morgen) einer unterschiedlichen Bestrahlung mit UV bzw. bei dem Scheinversuch. (n in jedem Fall = 12)

Bestrahlung. Deshalb wurden in den graphischen Darstellungen für die Pulsfrequenz in Ruhe (Abb 9A) und während der körperlichen Belastung (Abb 1oA) die Meßwerte von 1o Uhr bis zu dem folgenden Morgen nach 24 Stunden in % der Vorruhewerte um 8 Uhr des Versuchsbeginns angegeben. In der graphischen Darstellung für die Pulsfrequenzen bei orthostatischer Belastung (Abb 11A) und in der Nachruhe (Erholung, Abb 12A) bilden wir für jeden Meßwert die absolute Differenz zu der vorhergehenden Ruhepulsfrequenz.

Die Abbildungen 9A bis 12A zeigen das mittlere Verhalten der Pulsfrequenzen bei Vorruhe, orthostatischer Belastung, Arbeit und Erholung. Es werden die Reaktionen nach UV-Exposition (UVA 3o Minuten, UVB 15 Minuten, UVB 5 Minuten) mit denen einer Scheinbehandlung (getönter Bereich) verglichen.
Nach einer 3o-minütigen UVA-Bestrahlung sehen wir einen signifikanten Anstieg des Ruhepulses (Abb 9A) gegenüber dem Leerversuch. Vier Stunden post radiationem bestehen aber keine nennenswerten Pulsfrequenzunterschiede mehr zwischen der UVA-Meßreihe und der Scheinbehandlung.
Ein grundsätzlich ähnliches Verhalten zeigen auch die Pulsfrequenzen bei orthostatischer Belastung (Abb 11A), bei Arbeit (Abb 1oA) und Erholung (Abb 12A). Die Bereiche der mittleren Fehler (S.E.M.) reichen in Abb 1oA aber dicht aneinander, in Abb 11A und 12A überlappen sie sich. Genaue Zahlenangaben werden in Tab. 3A bis 6A aufgeführt.

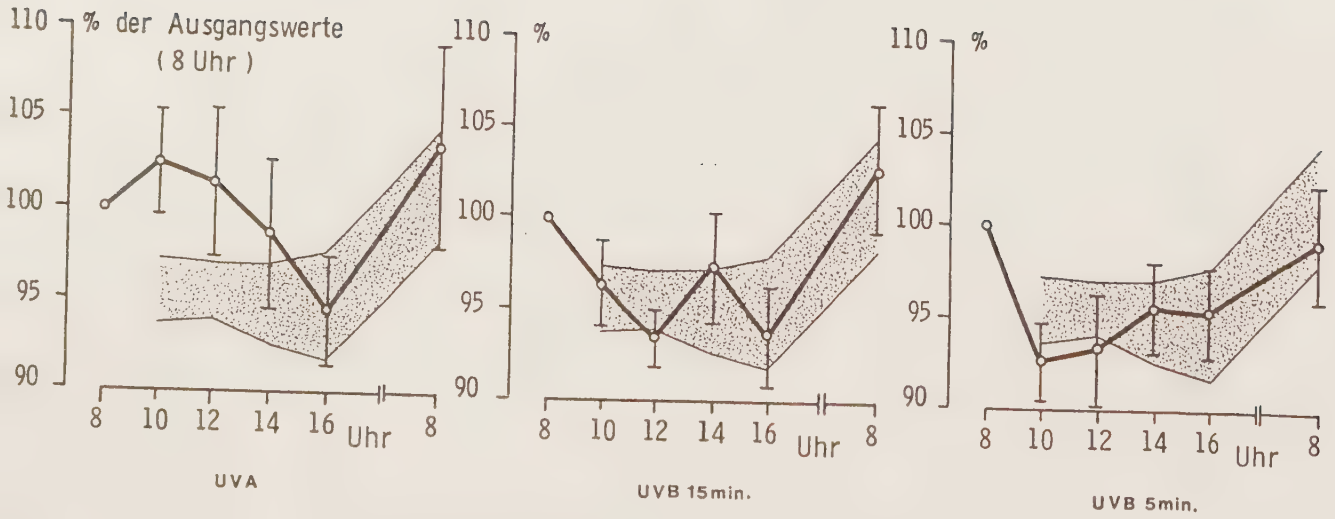


Abb. 9A Verhalten des Ruhepulses vor, (8Uhr) und nach einer Bestrahlung mit UVA über 30 Minuten, mit UVB über 15 Minuten und über 5 Minuten. Es werden die Pulsfrequenzen in % der Ausgangswerte (8Uhr) dargestellt. Gleichzeitig wird in jeder Abbildung der S.E.M. Bereich nach dem Scheinversuch (getönte Flächen) angegeben. (n in jedem Fall=12)

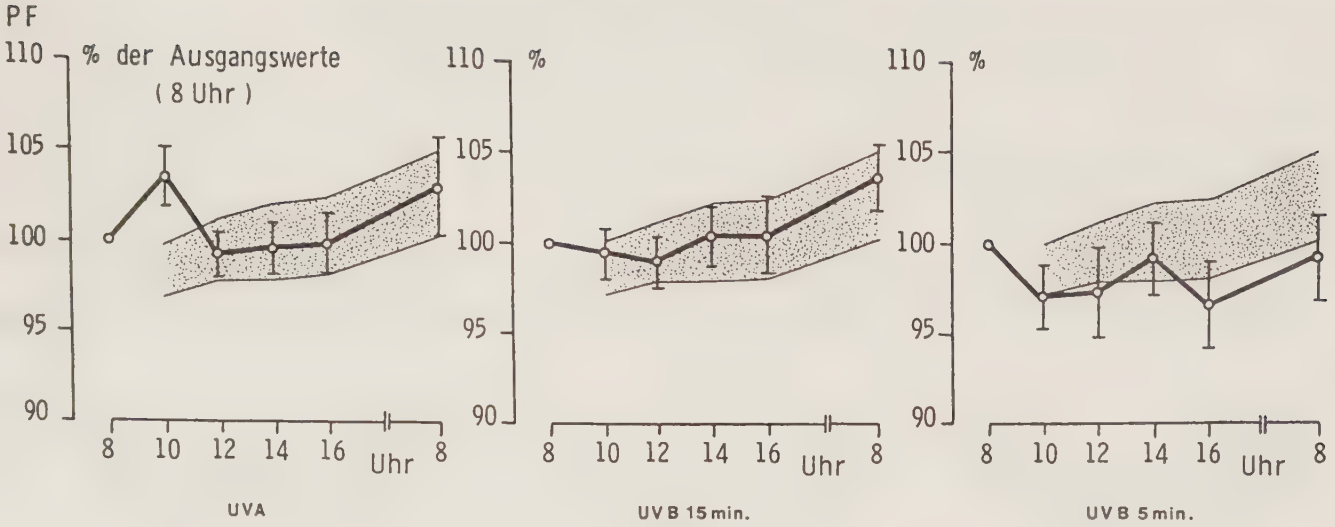


Abb. 10A Verhalten der Pulsfrequenz bei körperlicher Belastung vor, (8Uhr) und nach einer Bestrahlung mit UVA über 30 Minuten, mit UVB über 15 Minuten und über 5 Minuten. Es werden die Pulsfrequenzen in % der Ausgangswerte (8Uhr) dargestellt. Gleichzeitig wird in jeder Abbildung der S.E.M. Bereich nach dem Scheinversuch (getönte Flächen) angegeben. (n in jedem Fall = 12)

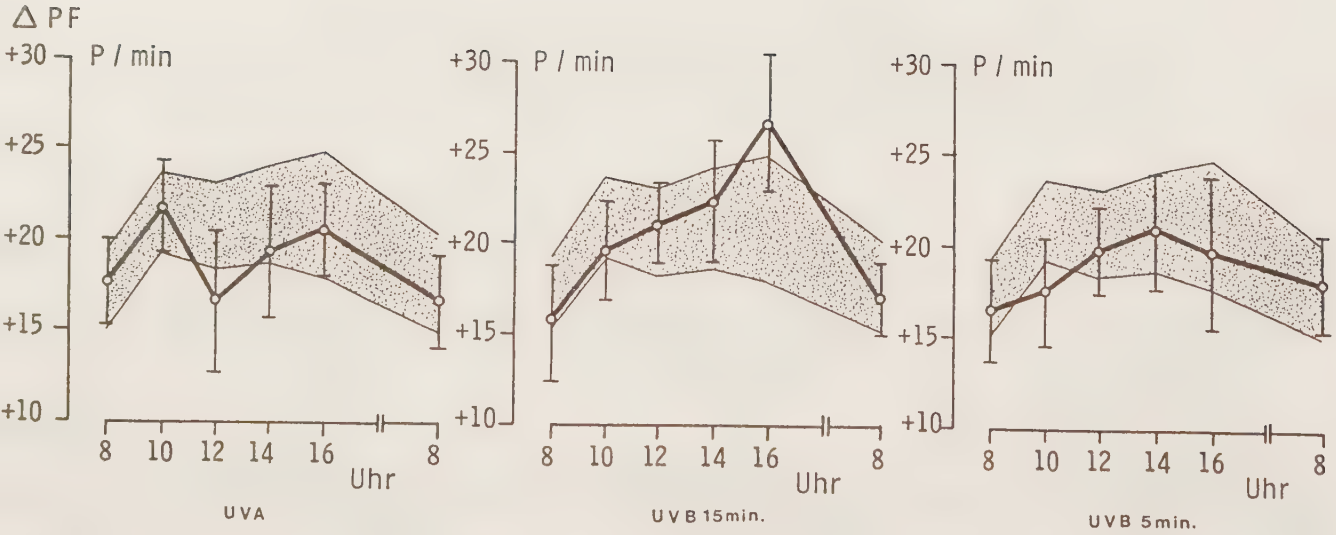


Abb. 11A Verhalten der Pulsfrequenz bei orthostatischer Belastung vor,(8Uhr) und nach einer Bestrahlung mit UVA über 30 Minuten, mit UVB über 15 Minuten und über 5 Minuten.Es werden die absoluten Pulsfreqüenz-differenzen zu der vorhergehenden Ruhepulsfrequenz dargestellt. Gleichzeitig wird in jeder Abbildung der S.E.M. Bereich nach dem Scheinversuch (getönte Flächen) angegeben. (n in jedem Fall = 12)

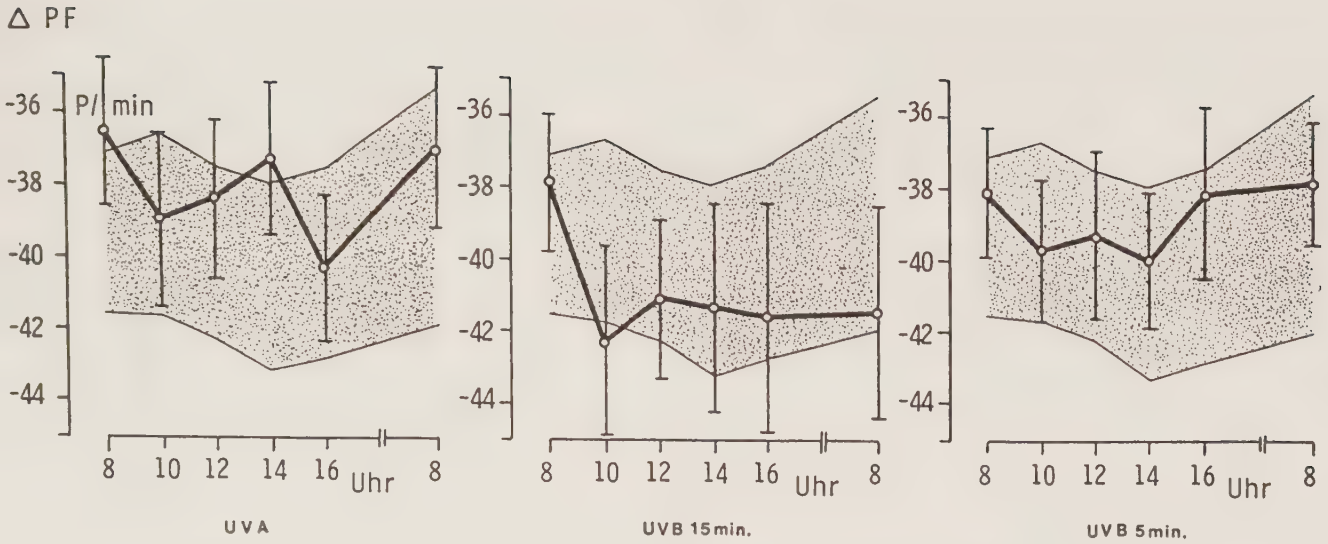


Abb. 12 A Verhalten der Pulsfrequenz bei Erholung vor (8Uhr) und nach einer Bestrahlung mit UVA über 30 Minuten,mit UVB über 15 Minuten und über 5 Minuten. Es werden die absoluten Pulsfrequezdifferenzen zu der vorhergehenden Ruhepulzfrequenz dargestellt. Gleichzeitig wird in jeder Abbildung der S.E.M. Bereich nach dem Scheinversuch (getönte Flächen) angegeben.(n in jedem Fall = 12)

Bestrahlung mit:		UVA		UVB 15 min.		UVB 5 min.		Kontrolle	
Pulsfrequenz in Ruhe		$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
	8 Uhr	67,8	9,9	69,o	8,4	69,1	7,6	67,9	6,5
	1o Uhr	79,4	8,o	65,7	6,4	64,4	6,7	64,3	7,4
	12 Uhr	69,3	9,8	68,6	9,3	66,8	7,2	64,9	7,4
	14 Uhr	65,o	8,4	64,3	8,3	65,5	8,3	63,5	6,9
	16 Uhr	62,9	6,6	65,5	6,5	67,o	8,9	65,8	6,8
nach	24 Stunden	69,3	8,8	7o,4	9,3	68,2	7,3	68,6	7,5

Tabelle 3 A Zahlenangaben zu Abb.9A. Absolute Werte der Pulsfrequenzen in Ruhe vor,(8Uhr) und nach (10 bis 16 Uhr und am folgenden Morgen) einer unterschiedlichen Bestrahlung mit UV bzw. bei dem Scheinversuch. (n in jedem Fall = 12)

Bestrahlung mit:		UVA		UVB 15 min.		UVB 5 min.		Kontrolle	
Pulsfrequenz der Orthostase		$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
	8 Uhr	85,2	13,o	84,4	11,9	85,3	13,7	84,6	9,8
	1o Uhr	91,2	12,7	84,8	8,8	81,6	13,8	85,7	9,9
	12 Uhr	84,6	13,8	84,4	9,1	82,8	11,3	84,7	11,1
	14 Uhr	82,7	14,8	88,4	11,6	86,2	12,o	84,2	8,3
	16 Uhr	83,o	1o,7	9o,7	13,8	84,2	13,8	85,7	12,2
nach	24 Stunden	86,1	14,3	87,4	11,7	86,2	1o,4	86,5	16,4

Tabelle 4 A Zahlenangaben zu Abb.11 A. Absolute Werte der Pulsfrequenzen bei orthostatischer Belastung vor, (8Uhr) und nach (10 bis 16 Uhr und am folgenden Morgen) einer unterschiedlichen Bestrahlung mit UV bzw. bei dem Scheinversuch. (n in jedem Fall=12)

Bestrahlung mit:	UVA		UVB 15 min.		UVB 5 min.		Kontrolle	
Pulsfrequenz der Arbeit	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
8 Uhr	114,1	12,6	116,4	8,2	117,o	8,9	114,5	9,o
1o Uhr	118,4	16,8	115,7	8,2	113,2	7,6	112,2	9,o
12 Uhr	113,o	1o,5	115,2	7,8	113,5	8,2	113,5	7,4
14 Uhr	113,5	11,7	116,9	12,1	115,7	8,4	114,2	9,6
16 Uhr	113,4	1o,5	116,5	1o,5	112,6	7,7	114,4	1o,8
nach 24 Stunden	116,5	8,o	12o,7	9,4	115,7	8,9	117,8	16,5

Tabelle 5 A Zahlenangaben zu Abb.10 A. Absolute Werte der Pulsfrequenzen bei körperlicher Belastung vor, (8Uhr) und nach (10 bis 16 Uhr und am folgenden Morgen) einer unterschiedlichen Bestrahlung mit UV bzw. bei dem Scheinversuch. (n in jedem Fall = 12)

Bestrahlung mit:	UVA		UVB 15 min.		UVB 5 min.		Kontrolle	
Pulsfrequenz der Erholung	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
8 Uhr	77,5	1o,2	78,5	8,1	78,9	9,8	75,1	8,3
1o Uhr	79,4	8,o	73,4	7,7	73,5	7,9	73,o	8,o
12 Uhr	74,6	8,2	74,o	7,8	74,2	7,7	73,6	9,1
14 Uhr	76,o	1o,9	75,6	7,9	75,6	7,8	73,6	8,9
16 Uhr	73,2	9,8	74,8	7,1	74,5	7,1	74,2	9,7
nach 24 Stunden	79,4	9,9	79,2	8,2	77,9	9,3	79,o	11,3

Tabelle 6 A Zahlenangaben zu Abb.12A Absolute Werte der Pulsfrequenzen während der Erholung vor, (8Uhr) und nach (10 bis 16 Uhr und am folgenden Morgen) einer unterschiedlichen Bestrahlung mit UV bzw. bei dem Scheinversuch. (n in jedem Fall = 12)

3.1.3.4. DIE BEDEUTUNG DER VEGETATIVEN AUSGANGSLAGE

In den Abbildungen 13A bis 16A vergleichen wir die Ruhepulsfrequenzen zu Beginn der täglichen Meßreihe (x-Achse, 8^{00} in Abb 9A) mit dem jeweiligen Verhalten bis zur 8.Stunde nach der Bestrahlung (16^{00} Abb 9A). Auf der y-Achse werden die Differenzen zwischen den 16Uhr-und den 8Uhr Werten dargestellt.

In jedem Fall besteht eine negative Beziehung, das bedeutet, anfänglich bradycarde Versuchspersonen werden eher tachycard und anfänglich tachycarde Versuchspersonen werden eher bradycard. Auf die Bestrahlung mit UVA ist dieser Effekt besonders ausgeprägt ($r = -o,678$),die Korrelationskoeffizienten bei der Bestrahlung mit UVB unterscheiden sich kaum von dem entsprechenden Wert bei der nicht bestrahlten Gruppe.

Wir haben damit zu klären, ob diese negative Korrelation im Sinne eines Normalisierungseffekts interpretiert werden kann. Einen Hinweis geben die Streuwerte für den individuellen Mittelwert in Tab. 3A. Für UVA über 3o Minuten und für UVB 15 Minuten nehmen diese ab.(Von $s = 9,9$ auf $s = 6,6$ und von $s = 8,4$ auf $s = 6,5$). Für die Bestrahlung mit UVB über 5 Minuten und für die Kontrollgruppe ergeben sich entsprechende Veränderungen nicht.

In Tab. 7A stellen wir die entsprechenden Untersuchungen auch für die Pulsfrequenzen bei Belastung, bei Arbeit und in der Erholung an. Es werden die den in Abb 13A - 16A entsprechenden Korrelationskoeffizienten aufgeführt, sowie das Verhalten der Streuwerte von 8Uhr bis 16Uhr berechnet (prozentuale Veränderung von 8 bis 16 Uhr).

		RUHEPULS	ORTHOSTASE	ARBEIT	ERHOLUNG
UVA 30min.	r	-o,678	-o,571	-o,555	-o,545
	Δs %	-33,3	-17,6	-16,7	-3,9
UVB 15min.	r	-o,341	-o,237	-o,231	-o,687
	Δs %	-22,6	15,9	28,0	-12,3
UVB 5min.	r	-o,247	-o,482	-o,683	-o,792
	Δs %	17,1	o,7	-13,5	-27,5
Schein-versuch	r	-o,365	-o,533	-o,228	-o,483
	Δs %	4,6	24,5	20,0	16,8

Tab: 7 A In Analogie zu Abb.13A bis 16 A werden die Korrelationskoeffizienten (r) zwischen der vegetativen Ausgangslage in Ruhe,bei orthostatischer Belastung,bei Arbeit und in der Erhohlung mit den entsprechenden Veränderungen bis 8 Stunden nach der Be - strahlung berechnet.Gleichzietig werden die Differenzen der Streuwerte von 16 Uhr und 8 Uhr aus der Tab. 3A bis 6A gebildet. ('Δ s,in % der 8 Uhr Werte). Bei einer ausgeprägten negativen Korrelation (r) und bei einem hoch negativen s kann am ehesten eine sogenannte Normalisierung durch UV-Exposition angenommen werden.

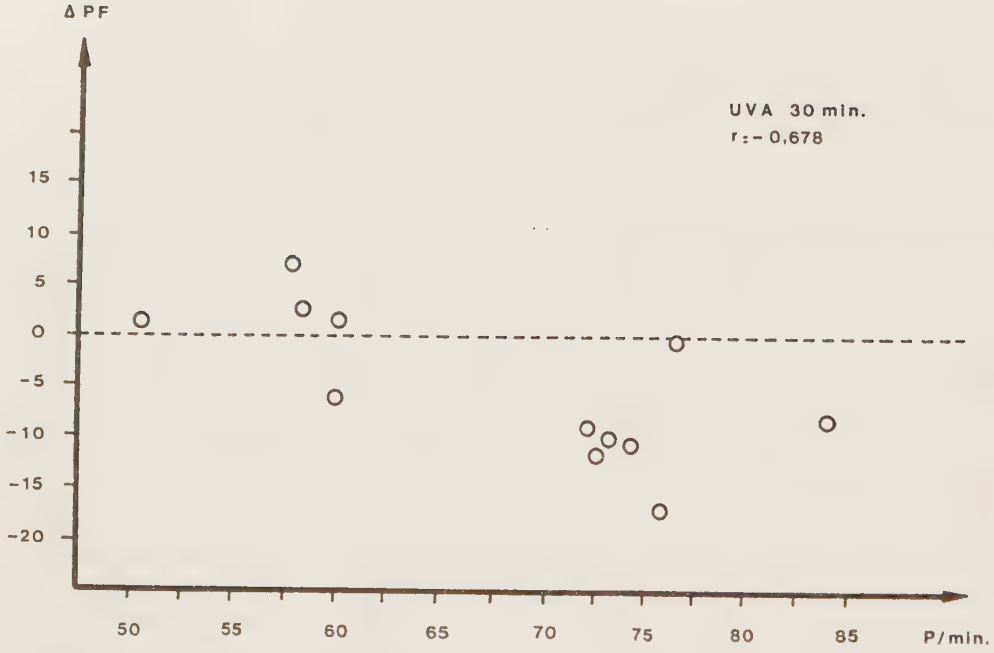


Abb. 13 A Korrelation zwischen den Ruhepulsfrequenzen zu Versuchsbeginn (8 Uhr, x-Achse) und der tachy- bzw. bradykarden Reaktion bis 8 Stunden post radiationem mit UVA über 30 Minuten.(Δ Pf y-Achse)

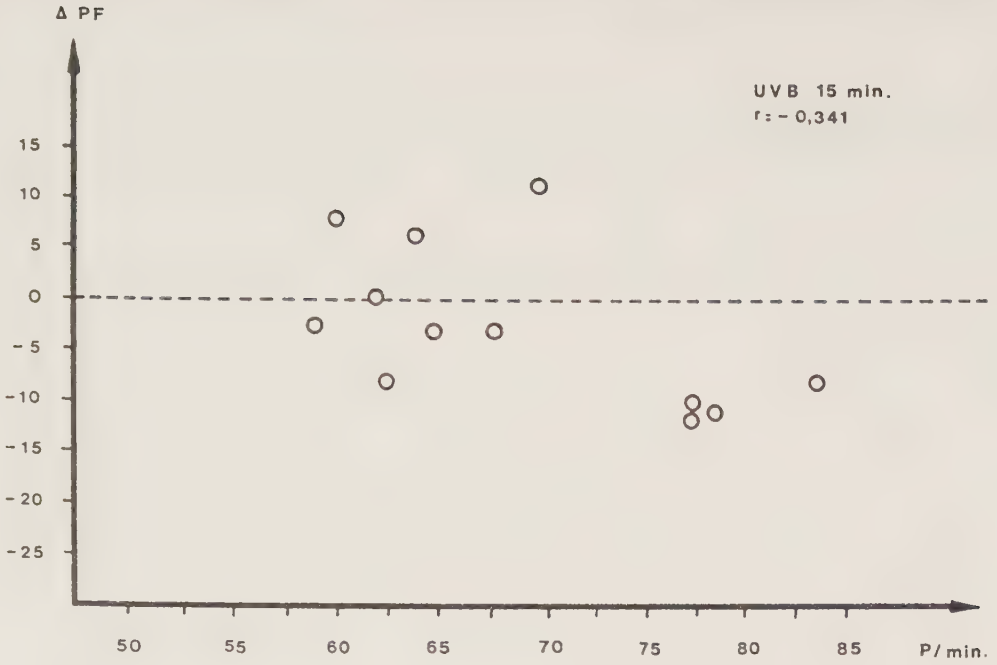


Abb. 14 A Korrelation zwischen den Ruhepulsfrequenzen zu Versuchsbeginn (8Uhr, x-Achse) und der tachy- bzw. bradykarden Reaktion bis 8 Stunden post radiationem mit UVB über 15 Minuten.(Δ Pf y-Achse)

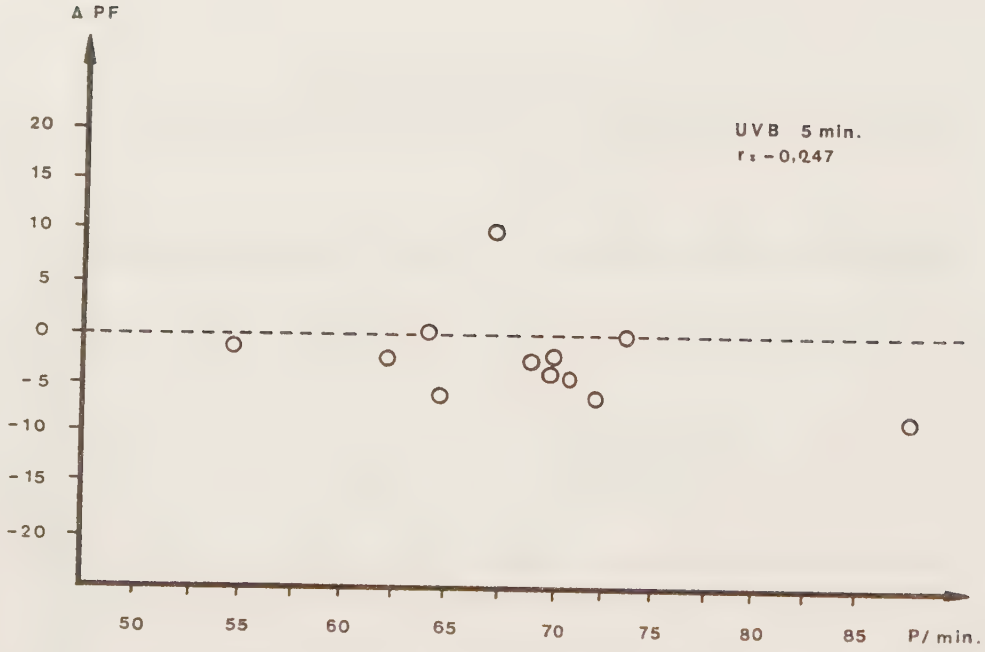


Abb. 15 A Korrelation zwischen den Ruhepulsfrequenzen zu Versuchsbeginn (8Uhr, x-Achse) und der tachy- bzw. bradykarden Reaktion bis 8 Stunden post radiationem mit UVB über 5 Minuten.(Δ Pf y-Achse)

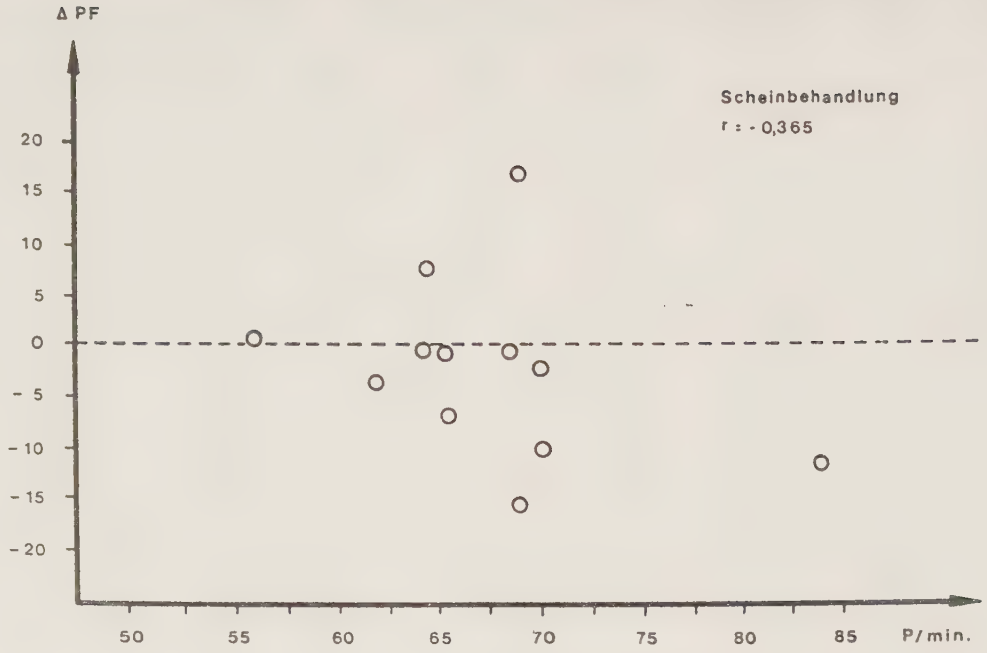


Abb. 16 A Korrelation zwischen den Ruhepulsfrequenzen zu Versuchsbeginn (8Uhr, x-Achse) und der tachy- bzw. bradykarden Reaktion bis 8 Stunden nach dem Scheinversuch. (Δ Pf y-Achse)

Zusammenfassend ergibt sich folgendes Bild:

In jeder Testsituation besteht eine negative Beziehung zwischen den Ausgangswerten und den Veränderungen nach den UV-Expositionen. Diesselbe Beobachtung wurde aber auch in der Kontrollgruppe gemacht.
Die interindividuellen Streuwerte nehmen nach UVA in Ruhe, bei orthostatischer Belastung und bei körperlicher Belastung ab, nach UVB ist das Verhalten unterschiedlich. In der Kontroll - gruppe nimmt die interindividuelle Streuung einheitlich zu.
Damit scheint es sich bei der UVB Reihe bei den zunächst negativen Korrelationen eher um das Substrat eines sog. a : a-b Effektes(4o) zu handeln, als um das Ergebnis einer vegetativen Normalisierung (19).

3.1.3.5. BEZIEHUNGEN ZWISCHEN DER MUNDTEMPERATUR UND DER PULSFREQUENZ

In Abb 8A hatten wir bereits einen Anstieg der Mundtemperatur nach verschiedenen Formen der UV-Expositionen dargestellt (siehe Kap. 3.1.3.2.).
Im Folgenden soll untersucht werden, in welchem Umfang die Körpertemperatur das Verhalten der Pulsfrequenz mitbestimmt. Grundsätzlich ist davon auszugehen, daß eine tachycarde Reaktion auch durch eine gleichzeitige Erwärmung des Körpers induziert werden kann.
In Abb 17A untersuchen wir diese Frage für die tachycarde Reaktion in Ruhe vor und nach der UVA Bestrahlung über 3o Minuten. Es werden die Temperaturdiffe-

		RUHEPULS	ORTHOSTASE	ARBEIT	ERHOLUNG
UVA 30 min.	r	o,772	o,723	o,466	o,333
	a	19,05	25,82	11,44	10,90
	b	-6,67	-4,71	-2,01	-2,67
UVB 15 min.	r	-o,196	o,350	o,170	-o,338
	a	-2,82	8,33	3,58	-8,07
	b	-2,97	-2,041	-1,78	-2,71
UVB 5 min.	r	o,321	-o,266	-o,345	-o,124
	a	o,701	-9,18	-13,7	-3,71
	b	-5,36	-1,79	-1,23	-4,65
Schein- versuch	r	o,521	o,479	-o,535	-o,207
	a	11,49	15,20	-1,39	-4,70
	b	-4,79	-2,61	-2,05	-1,46

Tab. 8 A In Analogie zu Abb. 16 A werden die Korrelationskoeffizienten (r) zwischen den Anstiegen der Mundtemperatur (Δ T oral in Abb. 16 A) und den gleichzeitigen tachycarden Reaktionen (Δ Pf in Abb. 16 A) errechnet. Zusätzlich werden die Konstanten (a) und (b) der Regressionsgraden (Δ Pf = a x T oral + b) angegeben.

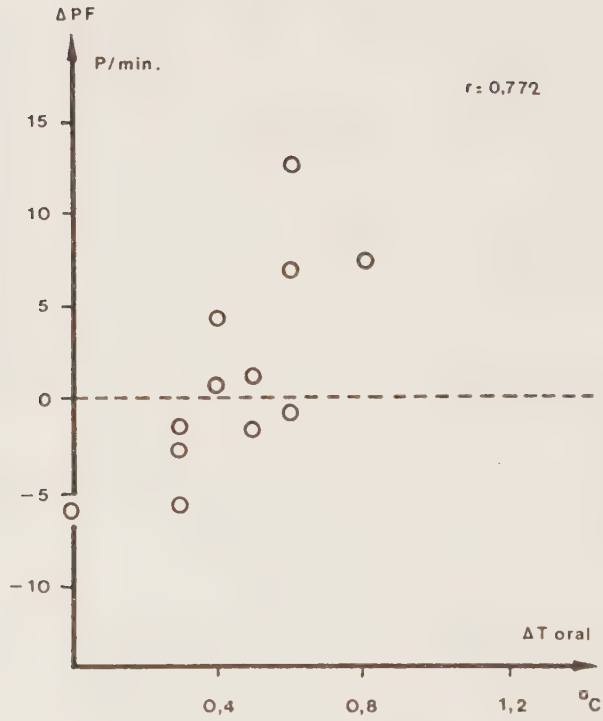


Abb. 17 A Korrelation zwischen den Anstiegen der Mundtemperatur von 8 Uhr bis 1o Uhr (Δ T oral, siehe auch Abb 8 A) und den gleichzeitigen tachycarden Reaktionen (Δ Pf des Ruhepulses) bei den Versuchspersonen vor und nach einer Bestrahlung mit UVA über 3o Minuten.

renzen von 8 Uhr bis 1o Uhr und die gleichzeitigen Änderungen der Pulsfrequenzen miteinander korreliert. Die errechnete Beziehung ist mit r = o,772 signifikant. Tatsächlich sind wir damit berechtigt, die Tachycardie nach einer 3ominütigen UV-Exposition weniger auf einen aktinischen als auf einen thermischen Effekt zu beziehen.

Die Formel der Regressionsgraden lautet:

$$\Delta Pf = a \times \Delta T \text{ oral} + b$$

Daraus läßt sich ableiten, daß pro Anstieg der Mundtemperatur um $1^{o}C$ die Pulsfrequenz um a Pulsschläge/Minute ansteigt.

Gleichzeitig könnte aus der Formel abgelesen werden, daß bei unveränderter Mundtemperatur ($\Delta T \text{ oral} = 0$) die Pulsfrequenz um b Schläge/Minute abgenommen hätte.

In Tab. 8A stellen wir die Korrelations - koeffizienten und die Zahlenwerte für a und b für sämtliche Testsituationen zusammen.

Wir beschränken uns auf die Veränderungen von 8Uhr bis 1oUhr, also auf den Zeitraum der größten Ver - änderungen von T oral (Abb 8A).

Zusammenfassend ergibt sich folgendes Bild:

Bei der Meßreihe mit UVA besteht eine positive signifikante Korrelation zwischen Mundtemperaturanstieg und der Pulsfrequenzänderung zwischen 8 und 1o Uhr.

Aus der Regressionsgraden $\Delta pf = a \times \Delta T \text{ oral} + b$ läßt sich weiterhin ablesen, daß bei keiner Temperaturänderung die Pulsfrequenz abgenommen hätte. Dieses Ergebnis deutet darauf hin, daß auch

bei der UVA Bestrahlung ein aktinischer bradykardisierender Effekt angenommen werden kann.

Bei den Meßreihen mit UVB-Exposition und dem Scheinversuch sind keine thermischen Einflüsse auf die Pulsfrequenz vorhanden. Es besteht keine signifikante Korrelation zwischen Änderung der Körpertemperatur und der Pulsfrequenz.

3.1.3.6. HAUTERYTHEM UND VERHALTEN DER PULS - FREQUENZ

In dem Abschnitt 3.1.2. hatten wir bereits dargestellt, daß die 12 Versuchspersonen sehr unterschiedlich empfindlich auf die UVB Exposition reagiert hatten. Während einer einheitlichen Bestrahlungsdauer von 15 Minuten war es 1 mal nach 4; 3 mal nach 6; 3 mal nach 8; 2 mal nach 10 und 2 mal nach 12 Minuten zu einem ersten Hauterythem gekommen. 1 mal hatte sich überhaupt keine Rötung eingestellt. Wir können damit unterstellen, daß die erstgenannte Versuchsperson insgesamt eine ausgeprägte, die zuletzt genannten nur eingeschränkte bzw. in einem Fall keine Hautreaktion auf die einheitliche 15-minütige UVB Bestrahlung hatte.

Damit haben wir Material, die Bedeutung des Erythems für die Pulsfrequenz zu bestimmen.
Als semiquantitatives Maß für das Erythem benutzen wir die Zeit bis zum Auftreten der ersten Hautrötung nach dem beschriebenen Verfahren nach WUCHERPFENNIG (62). So gemessen entsprechen große Zahlenwerte einem nur gering ausgeprägten Erythem, kleine Zahlenwerte einem stark ausgeprägtem Erythem.
In Abb 18A haben wir diese so gewonnenen Meßwerte mit der tachy- bzw.bradycarden Reaktion von 8Uhr

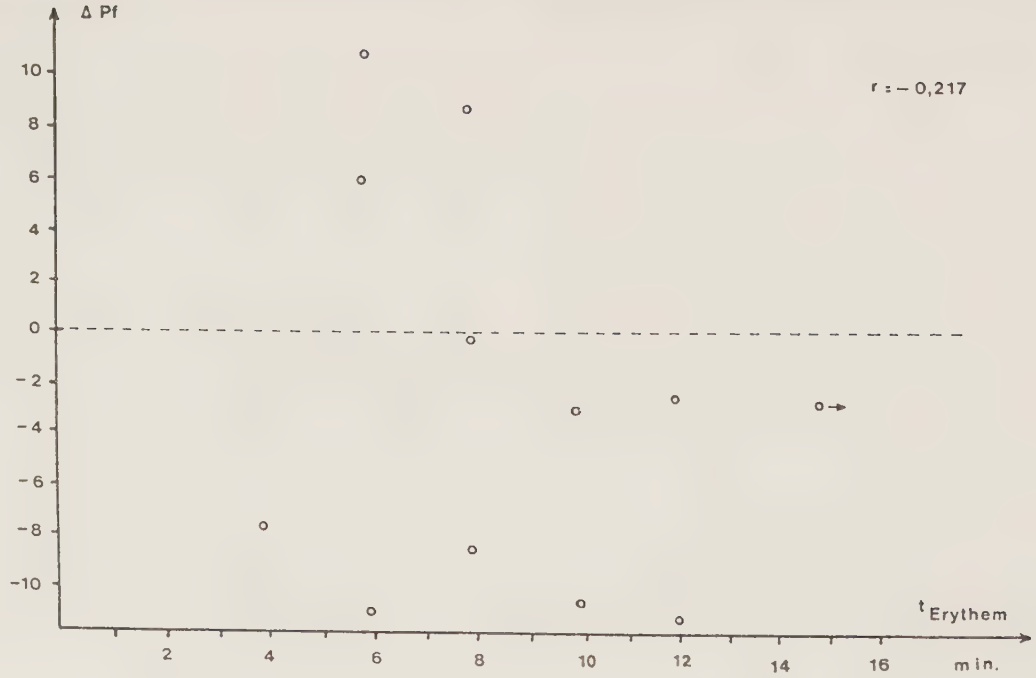


Abb: 18 A Korrelation zwischen dem Ausprägungsgrad eines Erythems nach 15 Minuten Bestrahlung mit UVB (kleine Zahlenwerte auf der x-Achse entsprechen einem stark ausgeprägtem Erythem.Einzelheiten siehe Text)und der tachy-bzw.brady-carden Reaktion des Ruhepulses von vor bis 8 Stunden nach dieser Bestrahlung.(△ Pf auf der y-Achse).

		RUHEPULS	ORTHOSTASE	ARBEIT	ERHOLUNG
UVB 15 min.	r	-o,217	-o,567	-o,422	-o,284
	a	-o,538	-1,859	-1,163	-o,588
	b	2,247	22,60	10,26	1,450

Tab: 9 A Korrelationskoeffizienten und die Konstanten (a) und (b) der Regressionsgeraden $t_{(Erythem)} = a \cdot \Delta Pf + b$ nach der Bestrahlung über 15 Minuten mit UVB .

bis 16 Uhr korreliert.Die entsprechenden Untersuchungen für die orthostatische Belastung, Arbeit und die Erholung werden in Tab. 9A angestellt.

Zusammenfassend ergibt sich folgendes Bild:
Bei allen vier Untersuchungsbedingungen ergibt sich eine negative, wenn auch nicht signifikante Korrelation zwischen den Pulsfrequenzänderungen von vor bis 8 Stunden nach einer 15-minütigen UVB-Bestrahlung, und der Erythemschwellenzeit. D.h. bei einer ausgeprägteren dermalen Reaktion ist eher mit einer tachykarden Reaktion zu rechnen.

Die Regressionsgrade t (Erythem) = a x Δ Pf + b schneidet die y-Achse immer im positiven Bereich (b in Tab.9A). Daraus läßt sich schließen, daß bei einer extremen Erythemreaktion auf jeden Fall eine Pulsbeschleunigung stattfinden würde.

Für den Probanden, der nach 15-minütiger UVB Exposition kein Erythem zeigte,wurde in Anbetracht der mittleren Erythemschwellenzeit aller weiteren elf Probanden von 8,75 Minuten der Wert von 15 Minuten angenommen, da er weit genug vom Mittelwert entfernt liegt. Bei den rechnerischen Vergleichen ohne den Wert dieses Probanden waren die Korrelationskoeffizienten nur unwesentlich verändert gegenüber den Rechnungen mit dessen Wert.

3.2.0. EXPERIMENTELLER TEIL B

3.2.1. MATERIAL

3.2.1.1. MESSGERÄTE

Die Aufnahme des Elektrocardiogramms erfolgte mit einem 3 - Kanal Elektrocardiographen, Typ Multiscriptor EK 26 der Firma Hellige/Freiburg. Mit diesem Gerät können auf zwei Kanälen Pulskurven registriert werden. Wir verwendeten hierfür den von derselben Firma hergestellten Carotispulsaufnehmer mit einem speziellen Haltering sowie den kleineren Aufnehmer für periphere arterielle Pulse.
Diese Aufnehmer arbeiten nach dem von BOUCKE und BRECHT (6 entwickelten Prinzip, wobei die am Aufnehmer durch die Pulswellen verursachten Druckschwankungen in Form von positiven Ausschlägen auf dem Gerät registriert werden.
Zur Bestimmung der Reaktionszeiten auf ein optisches und ein akustisches Signal verwendeten wir das Wiener Reaktionsgerät, Dr.Schuhfried, A 234o Mölding.
Zur kontrollierbaren Erzeugung einer körperlichen Belastung verwendeten wir die Kletterstufe nach KALTENBACH (28).

3.2.1.2. GERÄTE FÜR DIE UV - EXPOSITION

Wir verwendeten sogenannte Sonnenbänke mit Leuchtstoffröhren nach dem Wolff-System, Freiburg.
Die Bank ermöglicht bei der liegenden Versuchsperson eine gleichzeitige Bestrahlung von oben und von unten. Hierzu sind auf der Unterlage und auf

dem in der Höhe verstellbaren Oberteil jeweils zehn 18o cm lange Röhren auf eine Breite von insgesamt 65 cm montiert. Die Röhren des Unterteils befinden sich unter einer o,5 cm starken Plexiglasplatte. Damit entspricht die Bestrahlungs - stärke von unten in etwa derjenigen von oben, wenn das Oberteil auf 15 cm an die Versuchsperson he - rangebracht wird. Einzelheiten zur Technologie der UV - Emissionsröhren werden bei SCHROEDER (47) dargestellt.

Das Emissionsspektrum einer Röhre wird vor allem durch den ausgewählten Leuchtstoff und von der Transmission des verwendeten Kolbengases bestimmt (52). Zusätzlich kann eine Bestrahlung aus dem Bereich des UVB mit Glas abgefiltert werden. Wir benutzten bei der langfristigen Exposition zwei unterschiedliche Röhrentypen. Die technischen Daten zu den Emissionsspektren ergeben sich aus Tab. 1B.

Ein UVA - betontes Emissionsspektrum wurde mit der Relarium^{R}- Röhre erzeugt; einen zusätzlichen UVB Anteil erhielten wir unter Verwendung der Helarium^{R}- Röhre .

Die zur Applikation der UVA - Strahlung verwendeten Leuchtstoffröhren waren zur Unterdrückung der erythemwirksamen Strahlung unter 32o nm durch eine 5 mm starke Glasscheibe abgeschirmt.

Die erythemwirksamen Bestrahlungsstärken betragen nahezu 0 mW/cm^{2} (Relarium^{R}) bzw. o,o14 mW/cm^{2} (Helarium^{R}); die pigmentwirksamen Bestrahlungsstärken liegen bei beiden Lampensystemen um 5 mW/cm^{2} (bewertete Bestrahlungsstärken nach DIN 5o31 Teil 1o, Vornorm vom November 1979).

	Erythem wirksam	Pigment wirksam	Bestrahlung Dauer	Lampen Typ
UVA	0,003 mW/cm^2	5 mW/cm^2	30 min	RELARIUM®
UVB	0,014 mW/cm^2	5 mW/cm^2	$\bar{x}$: 11 → 30 min	HELARIUM®

Tabelle 1 B Technische Daten zu den Emissionsspektren und der Bestrahlungsdauer.
(Die UVB Dosis wurde nach Erythemschwellenbestimmung individuell sub-erythematös appliziert und im Verlauf der Bestrahlungsserie gesteigert.)

3.2.2. VERSUCHSPERSONEN

Als Versuchspersonen dienten 24 jugendliche Männer. Einige anthropometrische Daten gehen aus der Tab. 2B hervor. Es handelt sich ausschließlich um Studenten oder Mitarbeiter des Klinikums.
Eine sorgfältige anamnestische und körperliche Untersuchung schloß aktuelle körperliche Erkrankungen aus, insbesondere achteten wir auf funktionelle Kreislauferkrankungen im Sinne vegetativer oder psychovegetativer Syndrome.
Die körperliche Untersuchung wurde durch ein Elektrocardiogramm und durch laborchemische Untersuchungen der GOT, GPT, AP, gamma-GT, Harnsäure, Harnstoff, Kreatinin, Bilirubin, Albumin, Protein, Eisen, Glucose, Calcium, Chlorid, Kalium und Natrium, sowie durch die Bestimmung des roten und weißen Blutbildes und der Serumkonzentrationen von Cholesterin und Triglyzeriden ergänzt.

3.2.3. METHODEN

3.2.3.1. ZEITRAUM DER MESSPERIODE

Um die Einflüsse durch eine natürliche Sonnenbestrahlung weitgehendst zu vermeiden, wählten wir als Zeitraum für die Durchführung der Untersuchungen und Bestrahlungssitzungen den Winter. Wir begannen am 1.Dezember 1980 mit der Versuchsreihe, die wir am 15.Februar 1981 abschlossen.

3.2.3.2. KREISLAUFANALYSE

Die Untersuchungen fanden in einem ruhig gelegenen, von äußeren Störungen abgeschlossenen Raum statt.
Die Versuchsperson lag auf einer Liege in ent -

Versuchsperson, Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1o	11	12	13	14	15	16	17	18	19	2o	21	22	23	24
Alter, Jahre	23	25	19	28	31	24	26	26	26	24	2o	28	24	26	25	25	32	28	22	28	26	24	23	27
Gewicht, Kg	8o	85	78	84	8o	83	75	72	95	66	75	85	65	75	75	9o	8o	76	86	82	67	83	72	75
Größe, cm	175	185	18o	182	177	18o	182	178	187	174	175	186	172	17o	175	185	18o	178	184	178	172	183	181	173
RR, mm/Hg	12o 8o	13o 8o	2o 7o	13o 9o	14o 9o	15o 85	12o 75	135 8o	14o 8o	12o 7o	13o 85	145 8o	12o 7o	11o 6o	15o 9o	14o 8o	13o 75	135 8o	135 7o	12o 75	145 8o	15o 9o	14o 9o	12o 75
PWG, sec x 10^2	8,9	9,7	11.1	9.3	7,2	11.8	1o.4	9.3	8.7	9.7	1o.1	8.6	9.3	8.9	8.1	9	1o.4	8.8	9.5	9.9	9.3.	1o.4	1o	7.8
fp/min.	63	68	59	63	65	71	84	56	53	66	54	83	74	52	97	57	65	57	53	65	8o	75	61	73
RZ, sec x10^2	16.7	18.4	17.9	16	16.8	15.8	16.7	14.9	18.7	19	19.5	18.6	18.5	15.2	16.3	18.9	16.8	16.8	16.4	17.9	14.8	18.1	16.8	2o3
SD, sec x10^2	36	34	36	34	3o	3o	34	34	32	3o	32	34	34	34	32	36	32	3o	36	32	3o	3o	32	34

Tabelle 2 B Antropometrische Daten der 24 Versuchspersonen. (RR: Blutdruck, PWG: Pulswellengeschwindigkeit, fp: Pulsfrequenz, RZ: Reaktionszeit auf ein akustisches Signal, SD: Systolendauer.)

spannter Position mit individuell angepasster bequemer Lagerung des Oberkörpers und Kopfes. Der Kopfteil der Liege war leicht angewinkelt (ca. 15^{o}). Die Raumtemperatur lag verhältnismäßig konstant um 21 ^{o}C.
Während der Ruhezeiten wurden die bis auf eine Unterhose entkleideten Versuchspersonen mit ausreichend großen, doppelt gefaßten Leinentüchern bedeckt und so gegen Auskühlung geschützt.
Die Beleuchtung im Versuchsraum war durch Um - hüllen der 4o- Watt starken Wandlampe mit einem doppelt gefaßten Leinentuch starkt gedämpft. Im Raum befanden sich lediglich die Versuchspersonen und der Versuchsleiter.
Es wurde Wert auf möglichst geringe Geräuschentwicklung gelegt. Die verbale Kommunikation zwischen Versuchspersonen und Versuchsleiter beschränkte sich auf knappe Versuchsanweisungen.

3.2.3.2.1. ELASTISCHER KREISLAUFWIDERSTAND

Die Bestimmung des elastischen Kreislaufwiderstandes geschieht anhand des Elastizitätskoeffizienten E' nach der von BRÖMSER und RANKE (8) aufgestellten Formel:

$$E' = 1{,}06 \times PWG \times S^{-1} \times Q^{-1}$$

(PWG = Pulswellengeschwindigkeit, S = Systolendauer, Q = Aortenquerschnitt).
Neben dem konstanten Faktor 1,o6 und dem aus einer Tabelle zu entnehmenden Wert für den Aortenquerschnitt Q, verbleiben also zwei zu bestimmende Größen: Die Pulswellengeschwindigkeit und die Systolendauer. Als Pulswellengeschwindigkeit bezeichnet man die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Pulswelle. Sie ist nicht zu verwechseln mit der

wesentlich kleineren Strömungsgeschwindigkeit des Blutes. Die Pulswellengeschwindigkeit hängt stark von der Dehnbarkeit der Gefäße ab; sie ist umso größer, je starrer die Gefäßwand ist. Die Pulswellengeschwindigkeit wird durch gleichzeitige Registrierung der Pulswellen an 2 verschieden weit vom Herzen entfernten Punkten des Arteriensystems gemessen. Bei einem Abstand L zwischen beiden Meßstellen und der Zeitdifferenz Δ t zwischen den Fußpunkten beider Kurven ergibt sich die Formel

$$c = L : \Delta t \text{ (cm/sec)}.$$

c = Pulswellengeschwindigkeit.
Bei den eigenen Versuchen führten wir die Messung durch synchrone Registrierung der Pulswellen der Arteria carotis und der Arteria dorsalis pedis aus. Hierbei ergibt sich die zurückgelegte Strecke aus der Distanz Herz - Fußrückenmitte abzüglich der Distanz Herz - Halsmitte. Die durchschnittliche Länge betrug 114,6 cm. Abb 18 zeigt ein Beispiel einer synchronen Pulswellenregistrierung.

Der Carotispulsfühler wurde mit einem elastischen Gummiband am Hals der Versuchsperson befestigt. Dabei wurde besonders darauf geachtet, dem Probanden kein störendes oder gar beengendes Gefühl zu vermitteln. Der etwa kleinfingergroße Pulsfühler für die Arteria dorsalis pedis wurde ebenfalls mit einem Gummiband über dem Fußrücken des Probanden angebracht. Auch hierbei wurden Mißgefühle seitens der Versuchsperson weitestgehend vermieden. Erst wenn die zuvor bestimmte Ruhepulsfrequenz der betreffenden Versuchsperson erreicht worden war, wurde die gleichzeitige Aufzeichnung der beiden Arterienpulskurven wiederholt vorgenommen. Wir er-

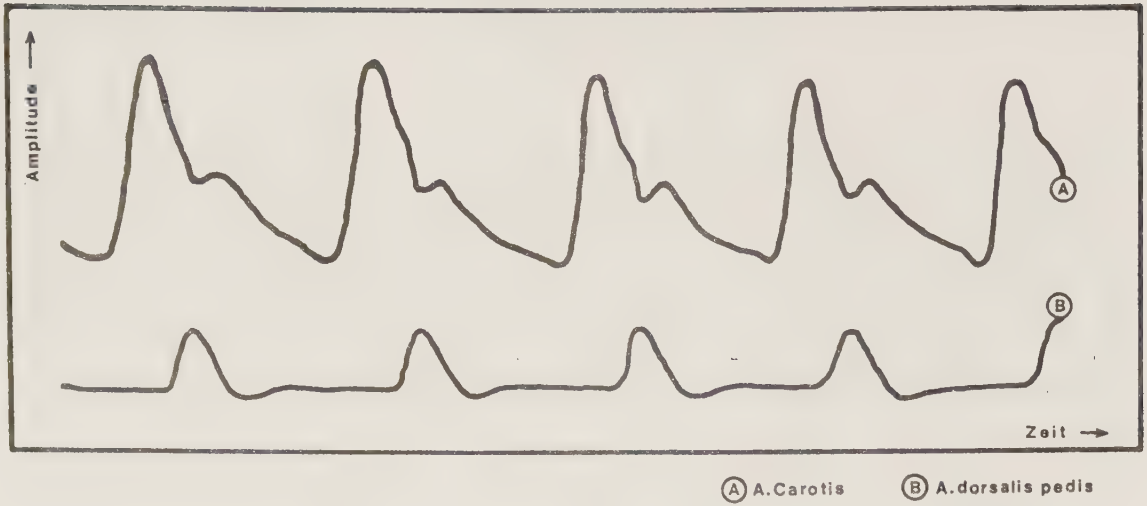


Abb. 1 B. Beispiel einer synchronen Pulswellenregistrierung der Arteria carotis und der Arteria dorsalis pedis.

mittelten den Mittelwert aus 3 korrekten Synchronaufzeichnungen.
Die gleichen Bedingungen wurden auch bei den Messungen zur Systolendauer aufrechterhalten. Zur exakten Bestimmung der Systolendauer ist die korrekte Anfertigung eines Extremitäten- EKGs erforderlich. Die Systolendauer ist die Zeit, die vom Auftreten der R-Zacke bis zum Auslaufen der T-Welle vergeht. Sie setzt sich aus der Anspannungsphase und der Austreibungsphase zusammen. Unter bekannten Bedingungen fertigten wir von jeder Versuchsperson ein Extremitäten - EKG nach Einthoven an, wobei wir eine Papierlaufgeschwindigkeit von 5o mm/sec. benutzten. Wir bildeten aus je 5 korrekten Einzelmessungen den arithmetischen Mittelwert. Durch Einsetzen der erhaltenen Werte für die Pulswellengeschwindigkeit PWG, sowie für die Systolendauer S und dem tabellarisch ermittelten Wert für den Aortenquerschnitt Q in die Formel nach BRÖMSER und RANKE (8), konnten wir so für jede Versuchsperson den Elastizitätskoeffizienten E' ermitteln.

PULSFREQUENZ

Die Bestimmung der Pulsfrequenz erfolgte aus einem kontinuierlich registrierten EKG. Die Abnahmeelektroden waren am Thorax befestigt. Für jeden uns interessierenden Zeitraum wurde die gesamte Zeitspanne ausgezählt.
Wir bestimmten die Pulsfrequenz im Liegen, bei einer orthostatischen Belastung, bei einer leichten, körperlichen Arbeit und in der Nachruhezeit. Die zeitliche Anordnung geht aus Abb 2B hervor.

Zunächst hielten wir eine Vorruhe von 2o Minuten

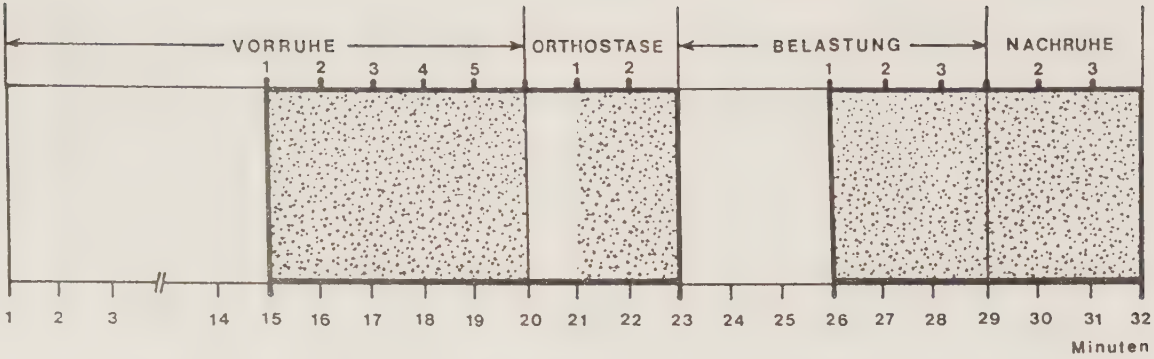


Abb. 2 B Phaseneinteilung im Belastungsversuch zur Pulsfrequenzmessung.Dargestellt sind die einzelnen Phasen des Versuchs,sowie die darin registrierten Zeitabschnitte der Pulsfrequenzmessung. (getönte Bereiche, siehe auch Abb. 5 B).

ein. Bereits vor Beginn der Vorruhe waren die Abnahmeelektroden befestigt und mit einem Aufzeichnungsgerät verbunden. In den letzten 5 Minuten der insgesamt 2o Minuten Vorruhe wurde die Pulsfrequenz registriert.
Anschließend stellte sich die Versuchsperson mit sparsamen Bewegungen neben die Liege. Sie wurde zu einer entspannten Haltung aufgefordert. Die Versuchspersonen wurden angehalten, überflüssige motorische Aktionen zu vermeiden, z.B.sollten in Zusammenhang mit einer statischen Balance möglichst wenig Beinmuskelkontraktionen durchgeführt werden. Es wurde die Pulsfrequenz der 2. und 3. Minute nach Einnahme der insgesamt 3-minütigen Stehhaltung registriert.
Die anschließende Belastung mit körperlicher Arbeit erfolgte an der Kletterstufe nach KALTENBACH (28). Wir wählten eine Arbeit von 7 mkp/sec/1,73 cm^2 Körperoberfläche. Bei dieser Belastung kletterte die Versuchsperson nach einem mit Hilfe eines Metronoms vorgegebenen Takt auf eine Stufe und wieder herunter. Die Höhe dieser Stufe ist variabel. Mit erhobenen Armen hält sich die Versuchsperson hierbei an einer in Höhe der oberen Extremität an der Wand angebrachten Sprossenwand fest. Es werden so die Kletterbewegungen mit den Armen unterstützt. Sowohl die Taktzahl als auch die Stufenhöhe werden nach vorgegebenen Tabellen in Abhängigkeit von der geforderten Arbeitsbelastung ausgewählt.

Bei den eigenen Versuchen betrug die Stufenhöhe 3o - 45 cm. Die Taktzahl lag zwischen 6o und 8o pro Minute. Dabei ist zu berücksichtigen,daß für den Vorgang des einmaligen Besteigens- und wieder

Verlassens der Stufe 4 Takte gezählt werden, sodaß eine Stufenzahl von 15 - 2o pro Minute resultiert. Die Pulsfrequenz wurde auch während der Arbeitsbelastung registriert. Wir registrierten die Pulsfrequenz während der 4., 5. und 6. Minute der insgesamt 6-minütigen Arbeitsbelastungsphase.
Nach dieser Arbeit legte sich die Versuchsperson sofort wieder auf die Liege, um in die Phase der Nachruhe überzugehen. Während der ersten 3 Minuten bestimmten wir den sog.Erholungspuls.

Unter Berücksichtigung eines verschiedenen bio - logischen Wirkungsgrades beider Arbeitsformen entspricht eine Belastung mit 7 mkp/sec/1,73m^2 Körperoberfläche an der Kletterstufe einer Belastung mit 68 Watt am Fahrradergometer (28).

3.2.4. BESTIMMUNG DER REAKTIONSZEIT AUF EIN OPTISCHES UND EIN AKUSTISCHES SIGNAL

Die Untersuchungen erfolgten mit dem Wiener Reaktionsgerät (siehe 3.2.1.1.). Hierbei wird der Versuchsperson in unregelmäßigen Abständen ein optisches bzw.ein akustisches Signal angeboten. Es wird die Zeit bestimmt, bis zu welcher die Versuchsperson eine vorgegebene Bewegung ausgeführt hat .
Im einzelnen gingen wir folgendermaßen vor:

Um eine optimale Konzentration der Probanden zu ermöglichen , wurde der Versuch im halbdunklen Raum durchgeführt. Wiederum wurden sämtliche Störeinflüsse von außen ferngehalten.
Bei der Reaktionszeitmessung mit dem Wiener Ge - rät sitzt der Proband vor dem etwa schuhkartongro-

ßen Gerät. Die Hände des Probanden befinden sich reaktionsbereit auf der Oberseite der Drückknopfplatte.
Der Versuchsleiter sitzt hinter dem Gerät, um die nach jeder Reaktion aufleuchtende Reaktionszeit zu notieren. Das akustische Signal ist ein deutlich vernehmbarer, mittelfrequenter Ton.
Das optische Signal entsteht durch Auffleuchten eines roten Lämpchens auf der Oberseite der Drückknopfplatte. Die Signale werden vom Gerät in unregelmäßigen Abständen abgegeben.

Bei den eigenen Messungen boten wir der Versuchsperson zunächst 12 akustische und anschließend 12 optische Signale an. Von diesen wurde jeweils der größte und kleinste Wert eliminiert und der arithmetische Mittelwert für die verbleibenden 10 akustischen und optischen Signale gebildet. Dieser Vorgang wurde zweimal wiederholt und die Ergebnisse wiederum arithmetisch gemittelt.

3.2.5. BESTIMMUNG DER ERYTHEMEMPFINDLICHKEIT

Bei den Versuchspersonen, welche mit UVB betonter Strahlung behandelt werden sollten, wurde von der ersten Exposition die sog.Erythemschwelle bestimmt. Wir benutzten dazu die Methode von WUCHERPFENNIG (62). Das Prinzip dieser Untersuchung besteht darin, daß kleine Hautbezirke verschieden lange einer erythemwirksamen Strahlung ausgesetzt werden, um dann festzustellen, ab welcher Bestrahlungsdauer ein Erythem aufgetreten ist.
Hierzu wird eine Lochblende mit 5 Löchern verwendet, welche wir auf der Beugeseite des Unterarms der Versuchsperson aufklebten. Der mit der Loch -

blende versehene Unterarm wurde nun mit 5 cm Abstand bestrahlt, wobei zunächst alle 5 Löcher geöffnet blieben. Nach 8 Minuten wurde das erste Loch geschlossen. Weitere 2 Minuten später das nächste usw., bis schließlich nach 16 Minuten das letzte Loch verschlossen wurde. Nach 6 bis 8 Stunden ist durch das Auftreten einer kreisrunden Hautrötung am entsprechenden Hautbezirk die Erythemschwellenzeit ablesbar.
Die erste Hautrötung stellte sich 3 mal nach 8, zweimal nach 10, fünfmal nach 12 und 2 mal nach 14 Minuten ein.

3.2.6. BESTRAHLUNG

Die verwendeten Sonnenbänke standen jeweils in einer ruhigen und abgetrennten Kabine. Die Raumtemperatur in den Kabinen betrug konstant ca. 20°C. Die in den Geräten verwendeten Lampen wurden bei Versuchsbeginn vom Hersteller neu geliefert und eingesetzt. Einzelheiten und technische Angaben zu den beiden Testgeräten sind bereits unter 3.1.2. aufgeführt. Während einer Bestrahlungssitzung wurde die ganze Versuchsperson gleichzeitig von oben und unten bestrahlt, wobei die Versuchsperson vollständig entkleidet war. Der Abstand zwischen den Röhren und der Körperoberfläche des Probanden betrug zwischen 5 und 15 cm an der Körpervorderseite, während der Abstand an der aufliegenden Körperrückseite einheitlich 8 cm betrug. Die Augen aller Versuchspersonen wurden während der Bestrahlungen durch spezielle Schutzschalen abgedeckt. Außerdem wurden die Versuchspersonen angehalten, die Augen zusätzlich zu schließen.

Die Bestrahlungen fanden jeweils in 48 stündigen Abständen satt. Um einem optimalen und exakten Ablauf der Bestrahlungsserie möglichst nahe zu kommen, wurde den Versuchspersonen auch an Wochenenden und Feiertagen der Zugang zu den Bestrahlungskabinen ermöglicht. Der Proband hatte über jede stattgehabte Bestrah - lung Buch zu führen. Dabei wurde auf einem speziell ausgearbeiteten Formular jeweis das Datum und die Uhrzeit der Bestrahlungssitzung festgehalten. Außerdem mußte die Dauer der Bestrahlungsapplikation vermerkt werden.
Bis auf einzelne und zudem geringfügige Abweichungen wurde der genaue Bestrahlungsplan weitgehend eingehalten und somit eine konstante Strahlenexposition gesichert.
Bei allen 12 Versuchspersonen, die der nicht erythemwirksamen UVA-betonten Radiation ausgesetzt wurden, betrug die Applikationsdauer einheitlich 3o Minuten, sodaß bei diesen Probanden lediglich auf die exakte Einhaltung der 48-stündigen bestrahlungsfreien Intervalle geachtet werden mußte.

Entsprechend der zuvor gemessenen Erythemempfindlichkeit (siehe 3.2.5.) wurde die UVB-betonte Ganzkörperbestrahlung individuell unterschied - lich gestaltet. Auf der einen Seite sollte ein UV-Erythem vermieden werden, auf der anderen Seite sollte sich die Strahlendosis der zunehmenden UV-Toleranz anpassen.
Um eine suberythematöse Bestrahlungsdosierung zu erreichen, wurde bei der ersten Exposition die Bestrahlungsdauer auf die Zeit der Erythemschwelle (siehe 3.2.5.) abzüglich 2 Minuten festgelegt.

Die Versuchspersonen wurden angewiesen, in Abhängigkeit von der beobachteten Hautreaktion die Bestrahlungszeit bei der nächstfolgenden Exposition um wenige Minuten zu verlängern. Dabei konnte es in einzelnen Fällen nicht vermieden werden, daß es bei einigen Versuchspersonen gelegentlich doch zu einer leichten Erythembildung gekommen ist. Nach dem Auftreten eines leichten Erythems wurde bei der entsprechenden Versuchsperson die Dauer der folgenden Exposition nicht gesteigert. In einem schweren Fall wurde sie um 2 Minuten verringert. Auf diese Weise erreichten wir im Verlaufe der 15-maligen Exposition Bestrahlungszeiten von zuletzt 2 mal 22, 1 mal 24, 1 mal 26, 4 mal 3o, 1 mal 34, 1 mal 36 und 2 mal 38 Minuten. In Abb 3B werden die ersten und die letzten Expositionszeiten bei dem mit UVB-betonten Licht ausgeführten Bestrahlungen graphisch dargestellt.
Die Bestrahlungsdauer nimmt im arithmetischen Mittel von 11 auf 3o Minuten zu.

3.2.7. VERSUCHSANORDNUNG (Gesamtübersicht)

Abb 4B zeigt eine Übersicht über das Gesamtexperiment. Um die Versuchspersonen mit den Meßmethoden vertraut zu machen, wurden zunächst sämtliche Untersuchungen einmal ausgeführt, ohne daß wir die Ergebnisse verwertet haben. Insbesondere bei der Bestimmung der Reaktionszeiten besteht erfahrungsgemäß ein erheblicher Übungseffekt. Um diesen möglichst auszuschließen, wurden die Versuchspersonen bereits einen oder mehrere Tage vor der endgültigen Untersuchung mit der Methode vertraut gemacht.

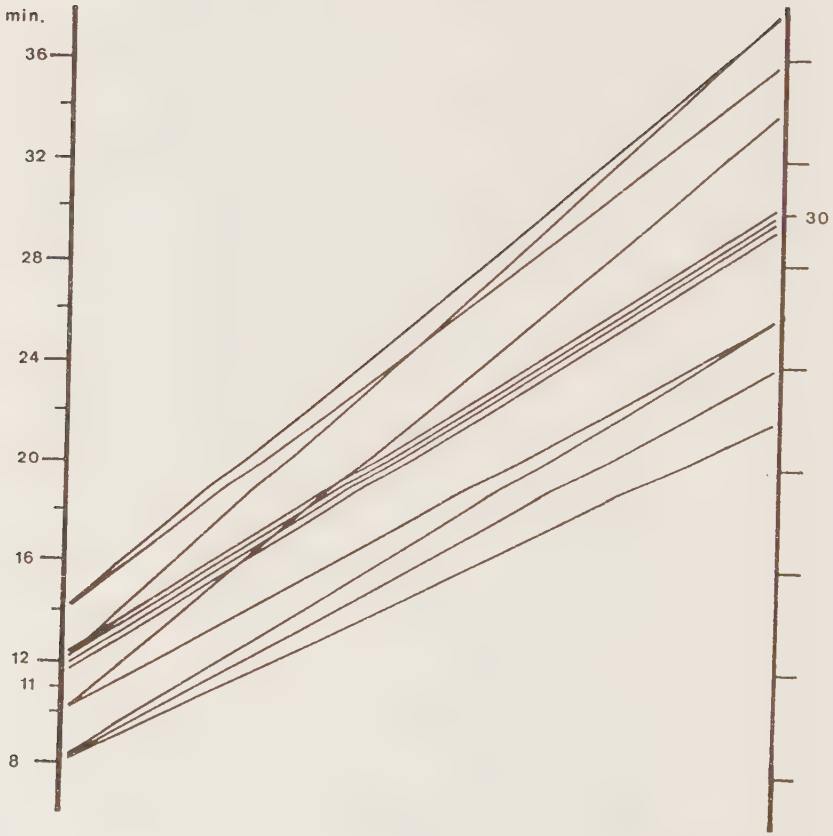


Abb. 3 8 Individuelle Bestrahlungsdauer mit UVB während der erstmaligen und während der letztmaligen Exposition

Abb. 4 B Versuchsanordnung. Es wurden 15 Bestrahlungen (Ⓡ = Radiatio) in 29 Tagen durchgeführt. In den drei Untersuchungen wurde jeweils die Pulsfrequenz in Ruhe,bei orthostatischer Belastung,bei Arbeit mit 68 W/1,73m^2 und in der Nachruhe bestimmt. Außerdem wurde der elastische Kreislaufwiderstand,sowie die Reaktionszeit auf ein optisches und akustisches Signal bestimmt. (Einzelheiten siehe Text.)

Erst wenn der sichere Eindruck bestand, daß sich die Versuchspersonen voll an die Testsituation adaptiert hatten, wurde die später ausgewertete Messung vorgenommen.

Im Anschluß an die Voruntersuchung folgte die erste Bestrahlungssitzung, die jeden zweiten Tag, möglichst zur gleichen Uhrzeit, wiederholt wurde, sodaß nach 29 Tagen 15 Bestrahlungen stattgefunden hatten. Nach der letzten Bestrahlung ließen wir, um einen Akuteffekt auszuschließen, 24 Stunden verstreichen, ehe wir die Nachunter - suchung durchführten, die wiederum sämtliche auch in der Voruntersuchung stattgehabten Parameter umfaßte.
Vom 1.Dezember 1980 an wurden die Versuchspersonen alternierend entweder einer Bestrahlungsserie mit UVA-betontem Licht oder mit UVB-betontem Licht zugeführt. Die erste Versuchsperson wurde der UVA-Serie zugewiesen, die zweite Versuchsperson der UVB-Serie. Die dritte Versuchsperson wiederum der UVA-Serie usw. Eine Beeinflussung speziell einer der beiden Serien durch klimatische oder einen jahreszeitlichen Unterschied konnte somit weitgehend ausgeschlossen werden.
Bis zum 15.Januar 1981 waren alle Versuchspersonen in die Versuchsreihe eingeschleust. Eine Person entwickelte während der Periode der seriellen Bestrahlung ein ca. 10 cm^3 großes Karbunkel am rechten Oberschenkel, das chirurgisch behandelt werden mußte. Wir entfernten diesem Probanden aus der Versuchsreihe und ersetzten ihn durch eine neue Versuchsperson, die an seiner Stelle neu eingeführt wurde.

Die Versuchspersonen wurden angehalten, sich während des Ablaufes der gesamten Versuchsreihe so wenig wie möglich natürlichem Sonnenlicht auszusetzen. Dies wurde in den Test-Wintermonaten nicht als große Einschränkung empfunden. Schwere oder gar extreme körperliche Belastungen hatten ebenfalls zu unterbleiben. Die Ernährung der Versuchspersonen, sowie Tabak-und Alkoholgenuß sollten möglichst unverändert bleiben. Exzesse galt es allerdings zu vermeiden. Alle sonstigen individuellen Lebensgewohnheiten der Versuchspersonen sollten normal und alltäglich betrieben werden und zumindest keine wesentliche Veränderung erfahren.
Die Vor-und Nachuntersuchungen fanden vormittags je zur gleichen Uhrzeit statt. Sie wurden jeweils im gleichen Raum vorgenommen,wobei besonderer Wert darauf gelegt wurde, alle äußeren Konditionen gleich zu halten. Bei beiden Untersuchungen wurden die Versuchspersonen gebeten, ausgeschlafen und nüchtern zu erscheinen. Dies wurde durch gezieltes Nachfragen verifiziert. Die letzte Nachuntersuchung wurde am 15. Februar 1981 vorgenommen.

3.2.2. ERGEBNISSE

3.3.2.1. VERHALTEN DER PULSFREQUENZ

Abbildung 5B zeigt das mittlere Verhalten der Pulsfrequenz (fp) in Ruhe, bei orthostatischer Belastung, während einer körperlichen Arbeit und in der Erholungszeit. Es werden die arithmetischen Mittelwerte aus den jeweils ersten Untersuchungen pro Versuchsperson gebildet. Es handelt sich um die ermittelten Werte aller 24 Versuchspersonen.

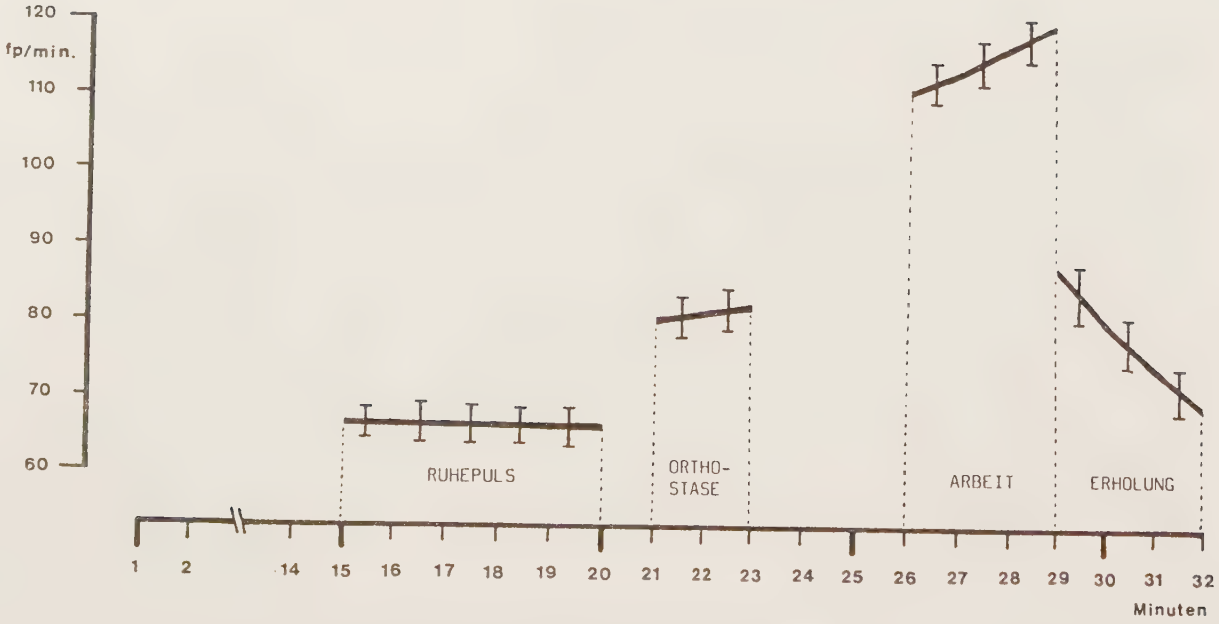


Abb. 5 B Mittleres Verhalten der Pulsfrequenz (fp) während der letzten 5 Minuten der insgesamt 2o-minütigen Vorruhe,in den letzten beiden Minuten der insgesamt 3-minütigen orthostatischen Belastung,in den letzten 3 Minuten einer insgesamt 6-minütigen körperlichen Arbeit und in der 3-minütigen Erholungszeit bei 24 Versuchspersonen.Es handelt sich um die Meßergebnisse der jeweils ersten Untersuchung.Die Klammern markieren den Bereich des mittleren Fehlers. (siehe auch Abb. 2 B).

Danach ändert sich die Pulsfrequenz in den letzten 5 Minuten der Vorruhe kaum. Bei allen Versuchspersonen sind die Schwankungen nur sehr geringfügig. Bei der zweiten und dritten Minute der orthostatischen Belastung nimmt der Wert für fp signifikant zu. Bei der 4., 5. und 6. Minute der geleisteten Arbeit erfährt der Wert fp ebenfalls eine signifikante Zunahme, während in den ersten drei Minuten der Nachruhe der Ausgangswert beinahe wieder erreicht wird.
In Abb 6B wird das Verhalten der Pulsfrequenz unter verschiedenen Bedingungen vor und nach der 4-wöchigen Bestrahlung mit UVA bzw.UVB dargestellt.
Genaue Zahlenangaben für die Kollektive A und B werden in Tabelle 3B aufgeführt. Hier ist für jedes Kollektiv das mittlere Verhalten der Pulsfrequenz (arithmetisches Mittel) vor und nach der jeweils vier-wöchigen Bestrahlungsdauer mit UVA bzw. UVB wiedergegeben.
Aus dieser Tabelle sowie aus Abb 6B geht hervor, daß ein sicherer Einfluß der UV-Exposition nur für UVB-betontes Licht angenommen werden kann, während das mittlere Verhalten der Pulsfrequenz der mit UVA-betontem Licht bestrahlten Versuchsperson im wesentlichen unbeeinflußt geblieben ist.
Wie die Tabelle ebenfalls anzeigt, ist die bei UVB-Exposition auftretende, signifikante Erniedrigung der Pulsfrequenz post radiationem in allen vier Phasen des Ruhe-und Belastungsversuches feststellbar.
Die interindividuellen Streuwerte nehmen gering - fügig ab. In den Abbildungen 7 - 10B stellen wir die individuellen Kreislaufreaktionen vor und nach den UV-Expositionen noch einmal graphisch dar.

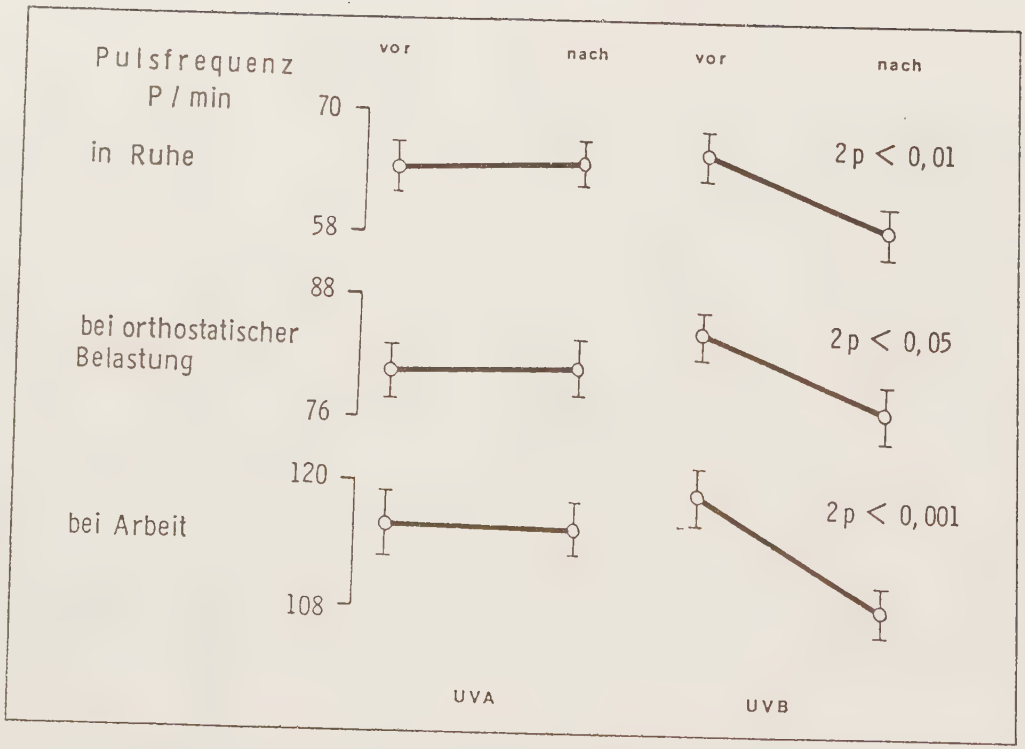


Abb. 6 b Verhalten der Pulsfrequenz unter verschiedenen Bedingungen vor und nach einer 4-wöchigen Bestrahlung mit UVA bzw. UVB. (n= 12 in jeder Gruppe.Die Klammern markieren den Bereich des mittleren Fehlers.)

	VORRUHE (min 16 bis 2o)		ORTHOSTASE (min 21 bis 22)		BELASTUNG (min 26 bis 28)		NACHRUHE (min 29 bis 31)	
	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
KOLLEKTIV A								
vorher	65,4	1o,4	79,8	11,3	111,8	11,9	79,9	1o,2
nachher	66,3	1o,o	79,9	11,8	111,3	1o,9	8o,4	9,8
KOLLEKTIV B								
vorher	67,6	12,6	82,7	12,8	115,8	1o,1	82,3	12,5
nachher	62,6	9,3**	78,8	1o,7*	1o9,1	7,9****	76,9	1o,7***

Tab. 3B. Zahlenangaben zu Abb.6B:Mittlere Pulsfrequenz (arithmetisches Mittel) und Standardabweichung bei den Kollektiven A und B vor und nach einer 4-wöchigen Bestrahlung mit UVA bzw. mit UVB.Die angegebenen Minuten beziehen sich auf Abb.5B.Die Sterne geben die statistische Sicherheit für die Differenz zwischen den Pulsfrequenzen vor und nach der Strahlenexposition an.
(* $2p < o,o5$; ** $2p < o,o1$; *** $2p < o,oo5$; **** $2p < o,oo1$.Verbundener t-Test nach Student.)

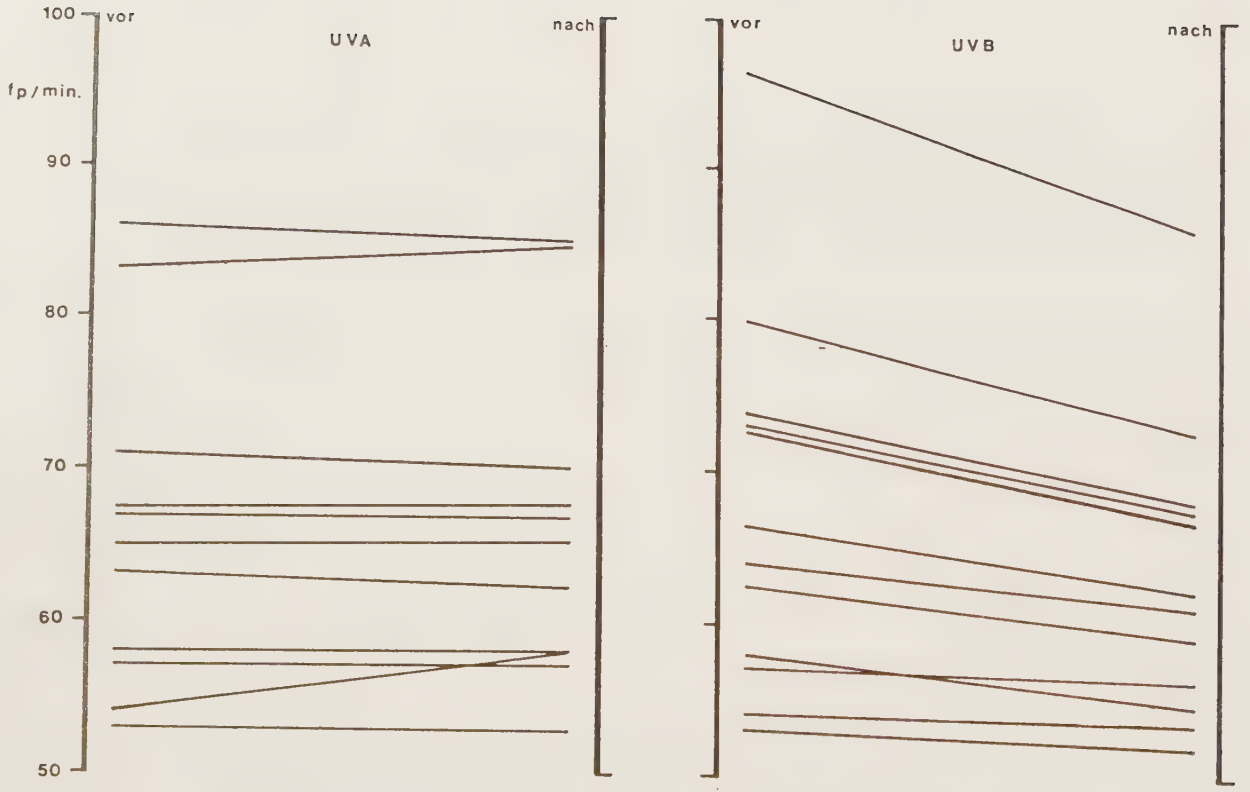


Abb. 7 B Ruhepuls (fp) bei den Kollektiven A und B vor und nach einer 4-wöchigen Bestrahlung mit UVA bzw. UVB. Es kommen die Mittel der letzten 5 Minuten aus der Vorruhe zur Darstellung. Interindividuelle Mittelwerte werden in Tabelle 3 B aufgeführt.

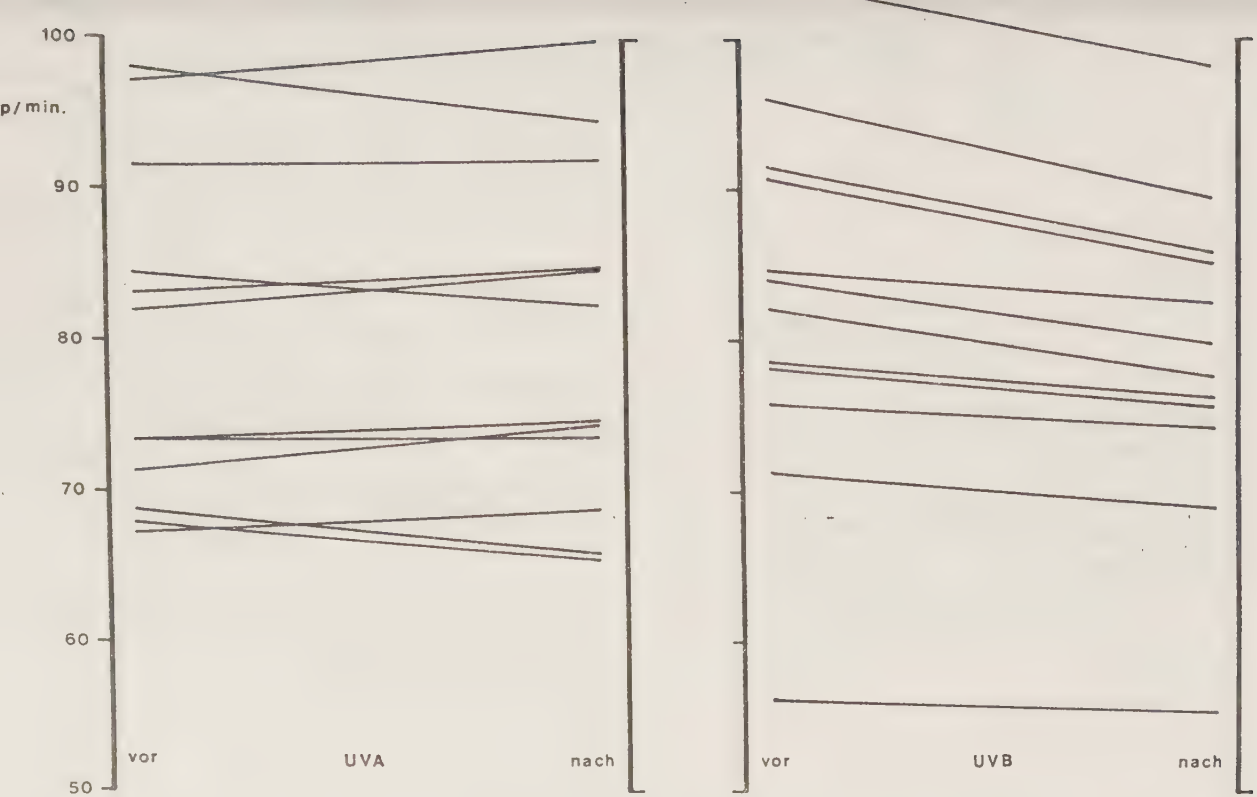


Abb. 8 B Pulsfrequenz bei orthostatischer Belastung (fp). Bei den Kollektiven A und B vor und nach einer 4-wöchigen Bestrahlung mit UVA bzw.UVB. Es kommen die Mittel der letzten beiden Minuten der orthostatischen Belastung zur Darstellung. Interindividuelle Mittelwerte werden in Tabelle 3 B aufgeführt.

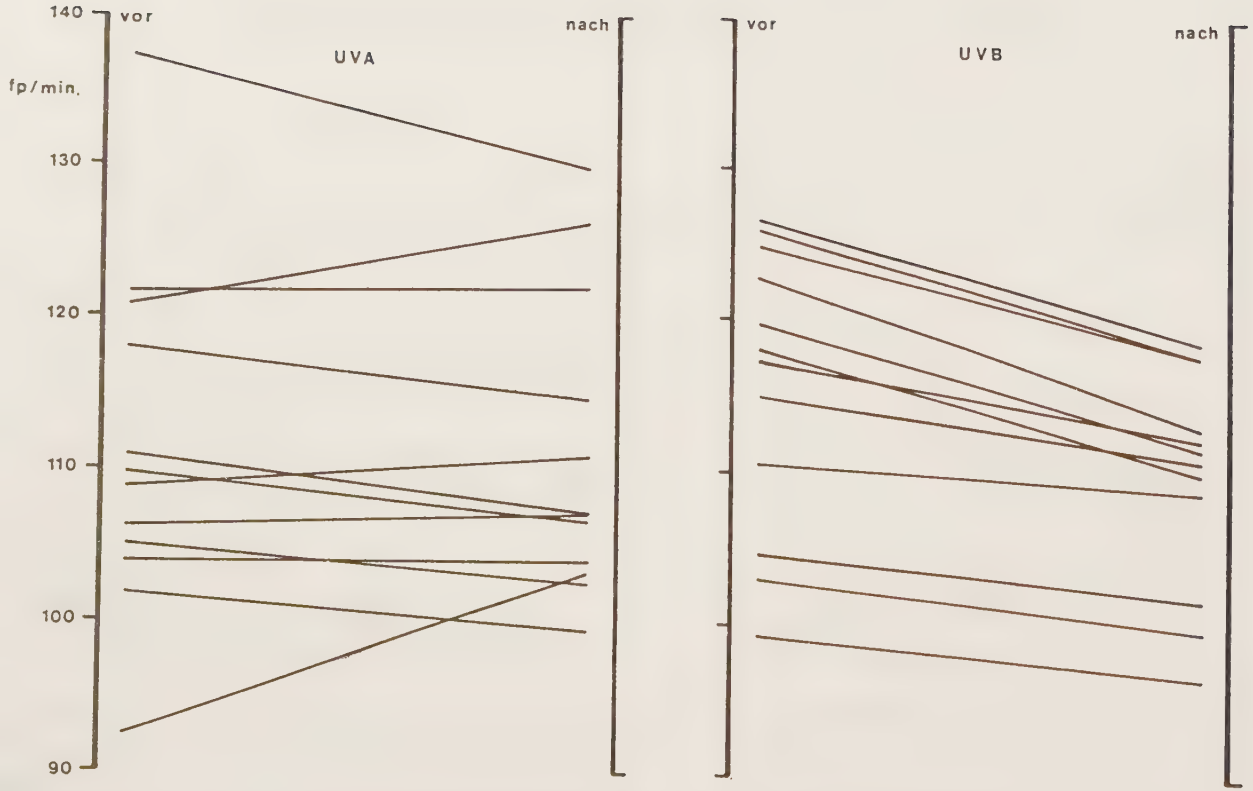


Abb. 9 B Pulsfrequenz bei Belastung (fp) bei den Kollektiven A und B vor und nach einer 4-wöchigen Bestrahlung mit UVA bzw.UVB. Es kommen die Mittel der letzten 3 Minuten der Arbeitsbelastung zur Darstellung. Interindividuelle Mittelwerte werden in Tabelle 3 B aufgeführt.

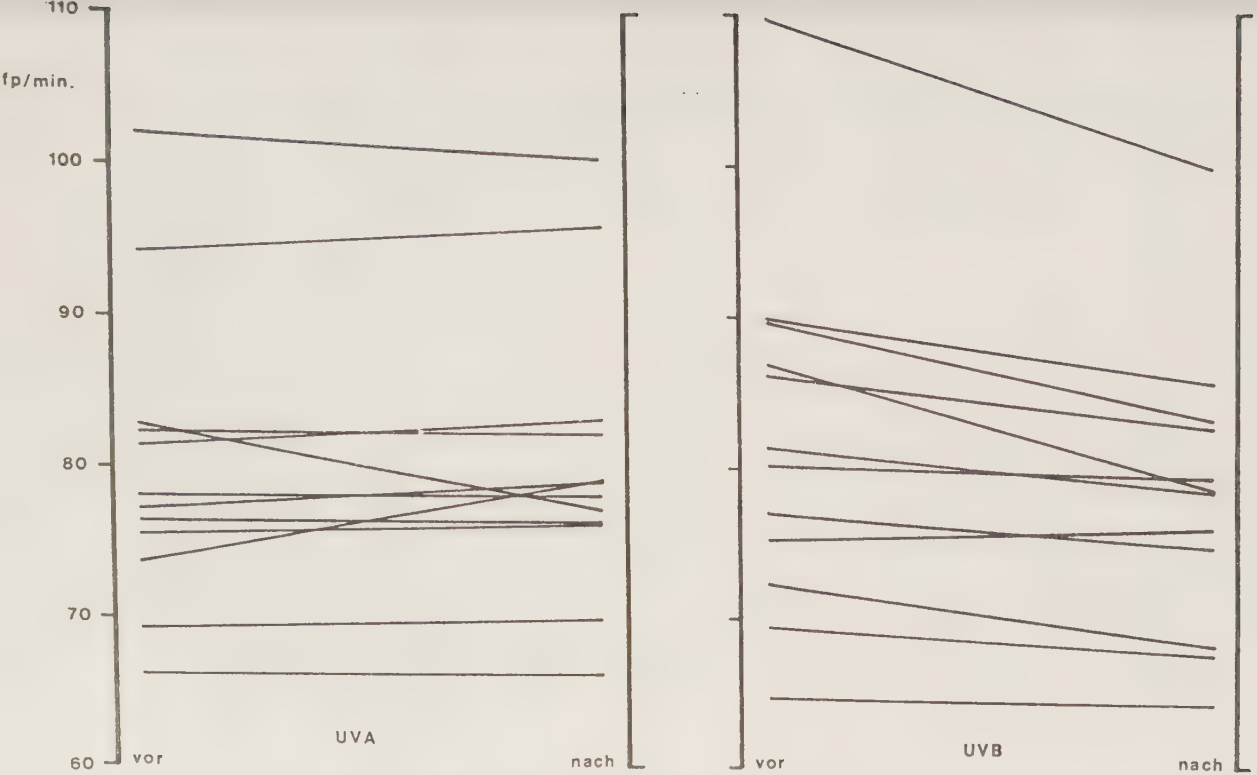


Abb. 10 B Pulsfrequenz in der Nachruhe (fp) bei den Kollektiven A und B vor und nach einer 4-wöchigen Bestrahlung mit UVA bzw.UVB. Es kommen die Mittel der ersten 3 Minuten der Nachruhe zur Darstellung. Interindividuelle Mittelwerte werden in Tabelle 3 B aufgeführt.

Aus den Abbildungen 7 - 10B geht hervor,daß die veränderte Pulsfrequenz nach der seriellen Bestrahlung mit UVB-betontem Licht sehr ein - heitlich zu beobachten ist. Uns erscheint damit unser Meßergebnis als gesichert.
In den Abbildungen 11 - 14B untersuchen wir, welche Korrelation zwischen der vegetativen Ausgangslage und der bradycardisierenden Reaktion nach vier- wöchiger UVB-Exposition besteht. Es werden hierbei die Ausgangswerte der Pulsfrequenz ante radiationem mit den Differenzen zwischen diesen Werten und den entsprechenden Werten des zweiten Untersuchsuntermins korreliert.
In den Abbildungen 11 - 14B ist deutlich zu erkennen,daß die vegetative Ausgangslage, ausgedrückt durch den jeweiligen Ausgangspulswert der betreffenden Versuchsperson, einen signifikanten Einfluß auf die entsprechende Pulsfrequenzerniedrigung hat. Dieser erkennbare Trend zu größerer Erniedringung der Pulsfrequenz bei höheren Ausgangswerten ist in allen vier Abbildungen zu verzeichnen. So ist beispeilsweise bei niedrigen Ruhepulswerten kaum eine weitere Erniedrigung nach der seriellen UVB-Exposition festzustellen, wohingegen bei hohen oder gar im Bereich der Tachycardie liegenden Ruhepulswerten erheblich stärkere, in Richtung zur Normalisierung weisende, bradycardisierende Effekte auftreten. Bei den teilweise sehr hohen Ausgangswerten für die Pulsfrequenzen unter körperlicher Belastung in Abb 13B ist dies besonders auffällig.
Wie man in Abb 14B erkennt, ist bei besonders niedrigen Ausgangspulsfrequenzen einmal sogar eine post radiationem auftretende leichte Erhöhung der Pulsfrequenz feststellbar, was zusätzlich auf eine

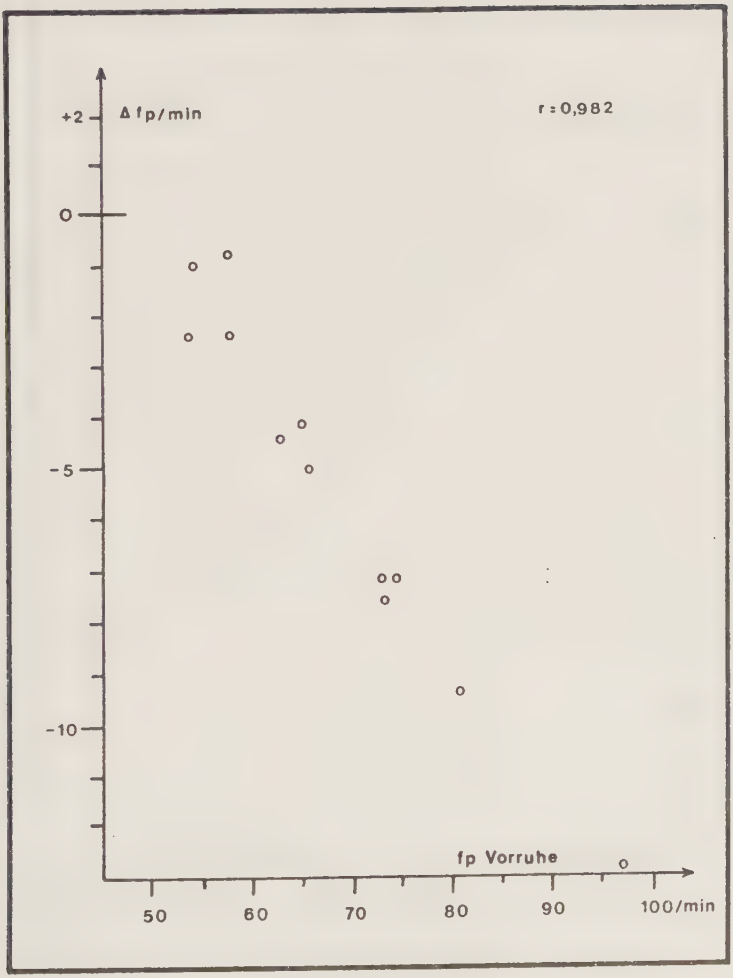


Abb. 11 B Interindividuelle Korrelation zwischen der Ruhepulsfrequenz vor der Bestrahlung (fp Vorruhe) und der Differenz zu dem entsprechenden Meßwert nach einer 4-wöchigen Bestrahlung mit UVB (Δ fp).
r = 0,982

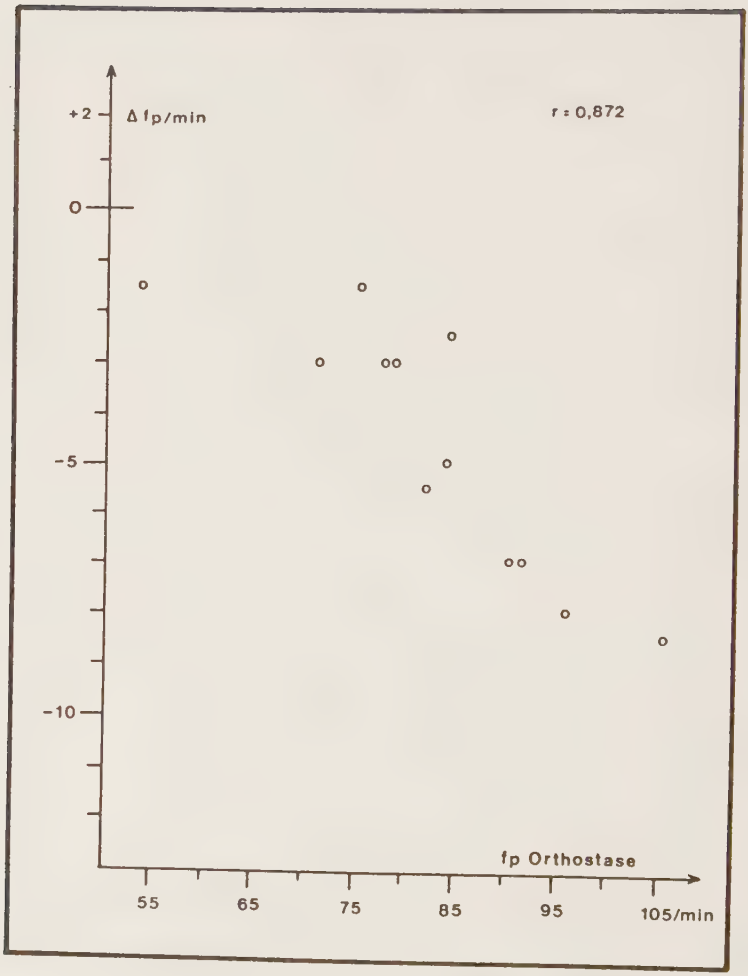


Abb. 12 B Interindividuelle Korrelation zwischen der Pulsfrequenz bei orthostatischer Belastung vor der Bestrahlung (fp Orthostase) und der Differenz zu dem entsprechenden Meßwert nach einer 4-wöchigen Bestrahlung mit UVB (Δ fp). r = o,872

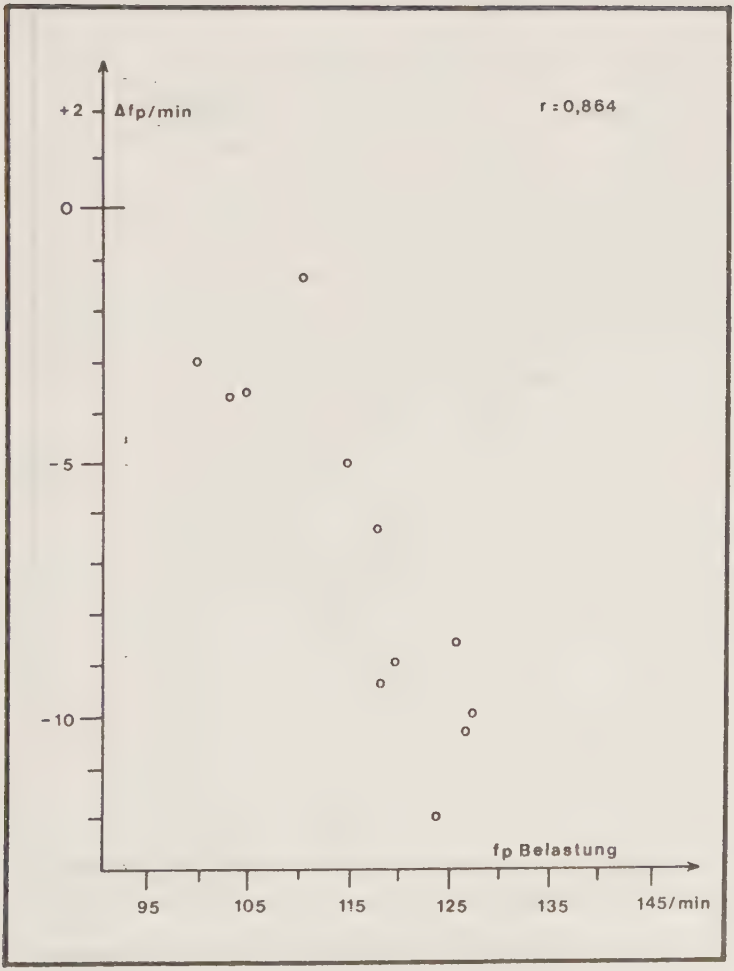


Abb. 13 B Interindividuelle Korrelation zwischen der Pulsfrequenz bei körperlicher Belastung vor der Bestrahlung (fp Belastung) und der Differenz zu dem entsprechenden Meßwert nach einer 4-wöchigen Bestrahlung mit UVB (Δ fp). r = 0,864

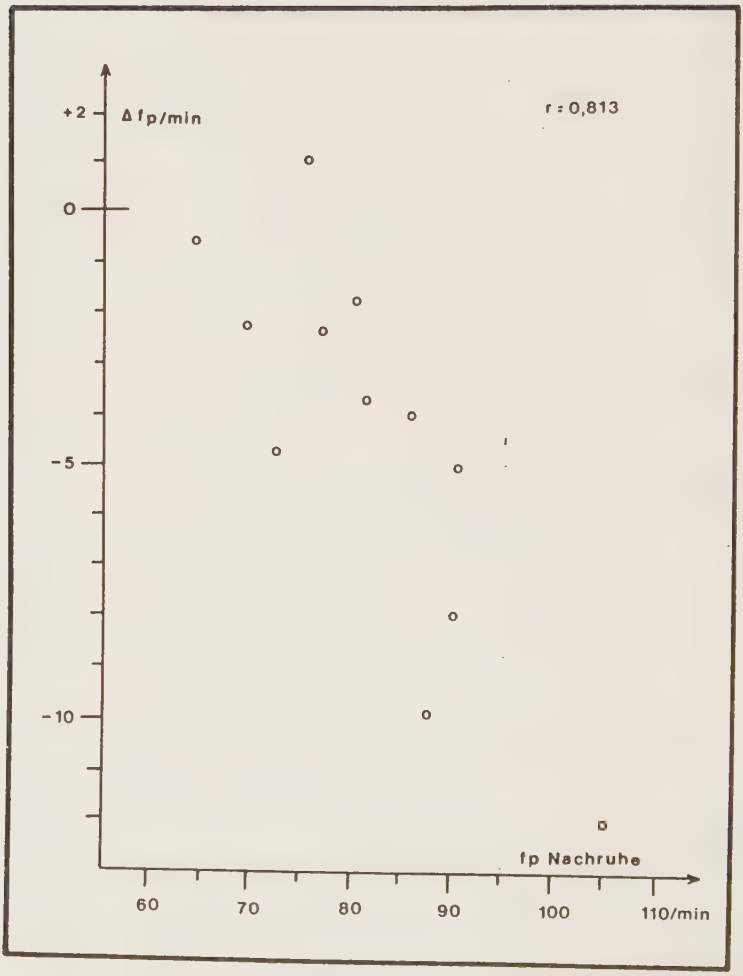


Abb. 14 B Interindividuelle Korrelation zwischen der Pulsfrequenz (fp Nachruhe) und der Differenz zu dem entsprechenden Meßwert nach einer 4-wöchigen Bestrahlung mit UVB (Δ fp).
r = o,813

mögliche Normalisierung vegetativer Funktionsgrößen des UVB-betonten Lichtes hinweist. Wir werden darauf im Rahmen der Diskussion ausführlicher eingehen.

Neben den absoluten Meßwerten für die Pulsfrequenz interessieren wir uns in Abb 15B und 16B noch für das Verhalten der tachycarden Reaktion auf die orthostatische bzw. auf die Arbeitsbelastung. Wir stellen daher in diesen beiden Abbildungen individuell die verschiedenen Pulsfrequenzsteigerungen nach Orthostase bzw.Arbeitbelastung vor und nach der seriellen Bestrahlung mit UVA-bzw.UVB-betontem Licht dar.

Aus diesen beiden Abbildungen geht hervor, daß nur die durch die Arbeitsbelastung bedingte Reaktion durch UVB-Exposition beeinflußt wird und zwar im Sinne einer Abschwächung derselben, während ein deutlicher Effekt der UVB-Exposition auf die durch die orthostatische Belastung bedingte tachycarde Reaktion nicht erkennbar ist.

Bei UVA-Exposition bleibt ebenfalls eine gerichtete Wirkung auf die Frequenzzunahme aus.

Die mittlere Frequenzzunahme beträgt während der Arbeit (in Schlägen pro Minute) bei UVA vor der Bestrahlungsserie 46,7 (s=7,6) und danach 46,3 (s=6,1).Bei UVB dagegen liegt der Wert für $\bar{x}$ vorher bei 48,1 (s=7,o) und nadher bei 45,8 (s=5,6), wobei sich für diese Erniedrigung im verbundenen t - Test nach STUDENT eine Signifikanz von $2p < o,o2$ ergibt. Das mittlere Verhalten $\bar{x}$ der durch Orthostase bedingten Frequenzzunahme beträgt bei UVA vorher 14,5 (s=4,7) und nachher 15,1 (s=4,9), bei UVB vorher 14,9 (s=7,o) und nachher 15,2 (s=6,5), also nur geringfügige und nicht signifikante Än-

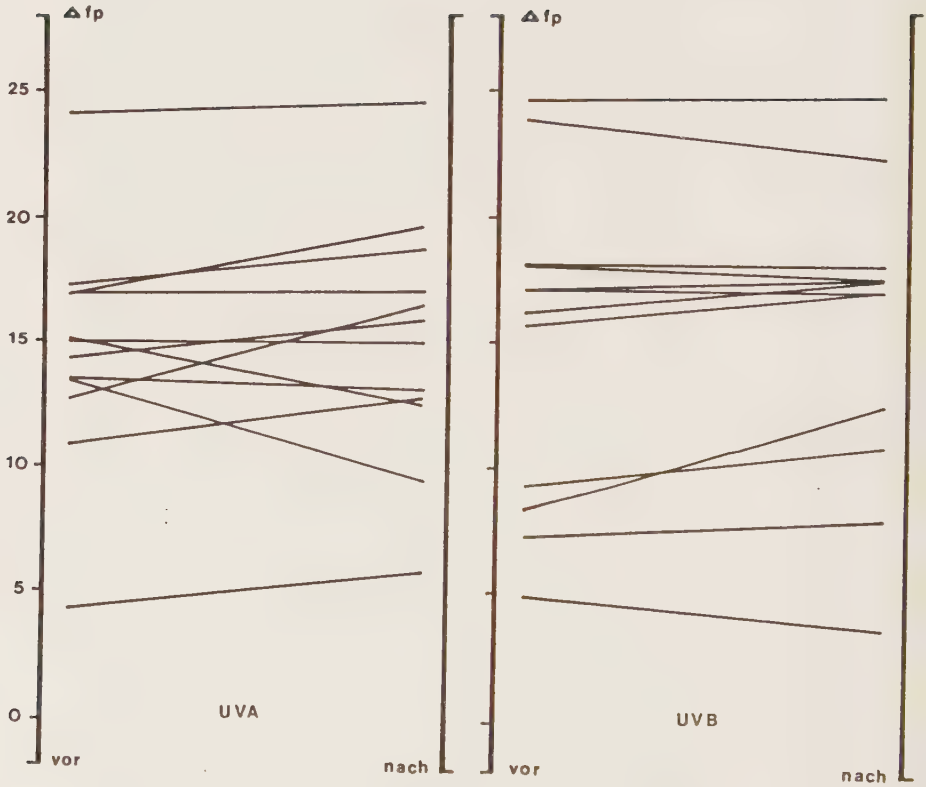


Abb. 15 B Individuelles Verhalten der tachycarden Reaktion auf die orthostatische Belastung. Δ fp = Differenz zwischen Ruhepulsfrequenz und Pulsfrequenz bei Orthostase. Meßergebnisse vor und nach einer 4-wöchigen Bestrahlung mit UVA bzw. UVB.

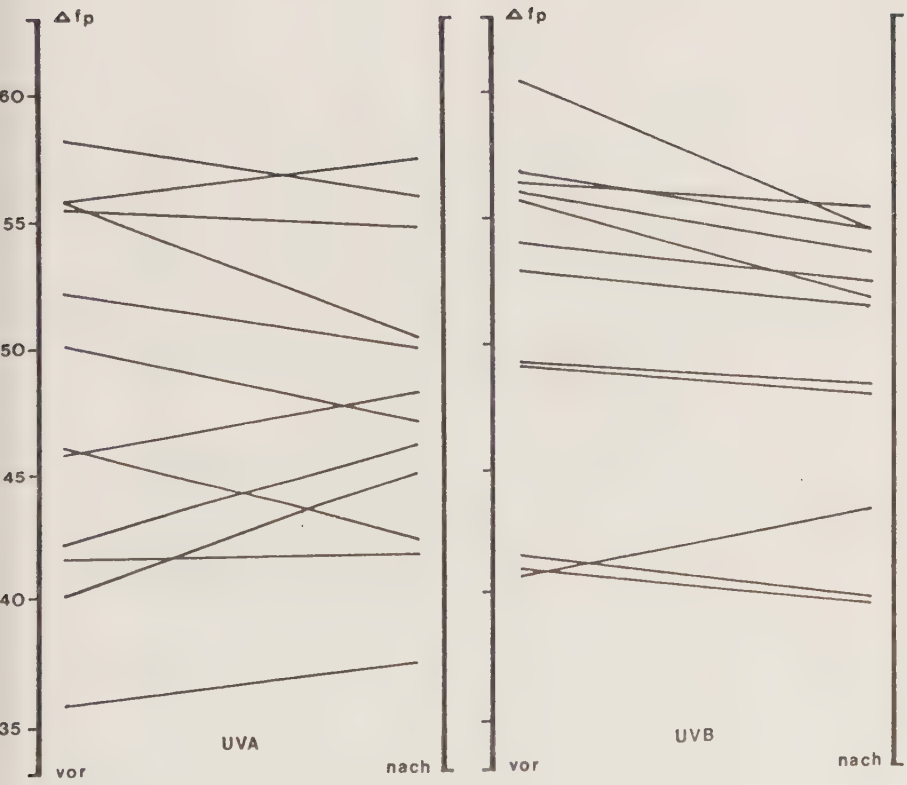


Abb. 16 B Individuelles Verhalten der tachycarden Reaktion auf die Arbeitsbelastung. Δ fp = Differenz zwischen Ruhepulsfrequenz und Pulsfrequenz bei Belastung.Meßergebnisse vor und nach einer 4-wöchigen Bestrahlung mit UVA bzw.UVB.

derungen.
In Abb 17B untersuchen wir das Verhalten der sog.Erholungspulssumme. Nach MÜLLER (37) ist die sog.Erholungspulssumme definiert als die Summe der Pulsschläge in der ersten und zweiten Minute der Erholung abzüglich der Pulsfrequenz im Ruhezustand.
In der betreffenden Abbildung vergleichen wir individuell den Wert der Erholungspulssumme vor der Bestrahlung mit dem entsprechenden Wert nach der Bestrahlung mit UVA bzw. UVB.

Aus dieser Abbildung ist zu entnehmen,daß auch dieser Wert einer Beeinflussung durch die UVB Exposition unterliegt, während nach der seriellen Bestrahlung mit UVA - betontem Licht wiederum keine bedeutenden Änderungen zu verzeichnen sind.

Der Mittelwert $\bar{x}$ der Erholungspulssumme beträgt bei der UVA Gruppe vor der Bestrahlungsserie 99,9 (s=12,4) und danach 100,6 (s=11,7).
Bei UVB dagegen beträgt der Wert vorher 104,0 (s=14,1) und fällt nach der Bestrahlungsserie auf 98,0 (s=13,6) ab. Bei der statistischen Überprüfung mit dem verbundenen t-Test nach STUDENT ergibt sich eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 2 $p < 0,05$.

Der Einfluß der UVB-Exposition auf die Erholungspulssumme macht sich also in Form einer Verminderung dieser Größe nach der Bestrahlung bemerkbar.

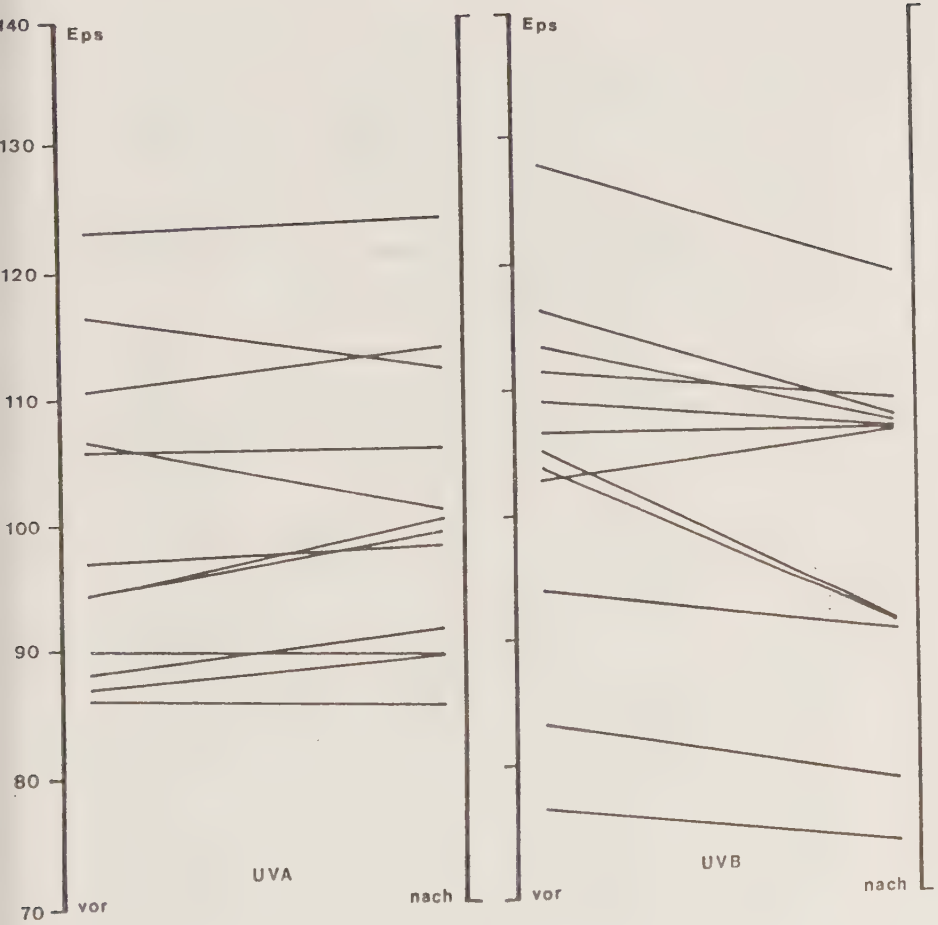


Abb. 17 B Individuelles Verhalten der Erholungspulssumme (Eps) nach MÜLLER (37). Dargestellt wird die jeweilige Summe der Pulsschläge in der ersten und zweiten Minute der Erholung abzüglich der Pulsfrequenz im Ruhezustand. Meßergebnisse vor und nach einer 4-wöchigen Bestrahlung mit UVA bzw.UVB.

3.3.2.2. VERHALTEN DER MOTORISCHEN REAKTIONSZEIT AUF EIN OPTISCHES UND AKUSTISCHES SIGNAL.

Abbildung 18B zeigt das Verhalten der Reaktionszeit RZ. Dargestellt werden die 12 Einzelverhalten der mit UVA bestrahlten Probanden, sowie jene 12 der mit UVB Bestrahlten.
Wir stellen fest, daß in keinem Fall die Abweichung intraindividuell mehr als o,8 sec x 10^{-2} beträgt. Aus den beiden Teilabbildungen wird ersichtlich, daß ein gerichteter Einfluß der UV-Exposition weder für UVA-noch für UVB- betontes Licht angenommen werden kann. Die Konstanz der Werte vor und nach UV-Exposition ist groß. Das mittlere Verhalten $\bar{x}$ der Reaktionszeiten auf Lichtreiz beträgt bei den mit UVA bestrahlten Versuchspersonen vorher 19,4 sec x 10^{-2} (s=2,o) und nachher 19,3 sec x 10^{-2} (s=1,9); bei Tonreiz vorher 17,3 sec x 10^{-2} (s=1,5) und nachher 17,4 sec x 10^{-2} (s=1,4).
Bei den mit UVB bestrahlten Versuchspersonen beträgt die Reaktionszeit auf Lichtreiz vorher 19,8 sec x 10^{-2} (s=1,8) und nachher 19,8 sec x 10^{-2} (s=1,7); bei Tonreiz vorher 17,3 sec x 10^{-2} (s=1,5) und nachher 17,2 sec x 10^{-2}(s=1,5).
Bei der Untersuchung des mittleren Verhaltens der Reaktionszeiten stellen wir fest, daß eine Veränderung nicht beobachtet werden kann.

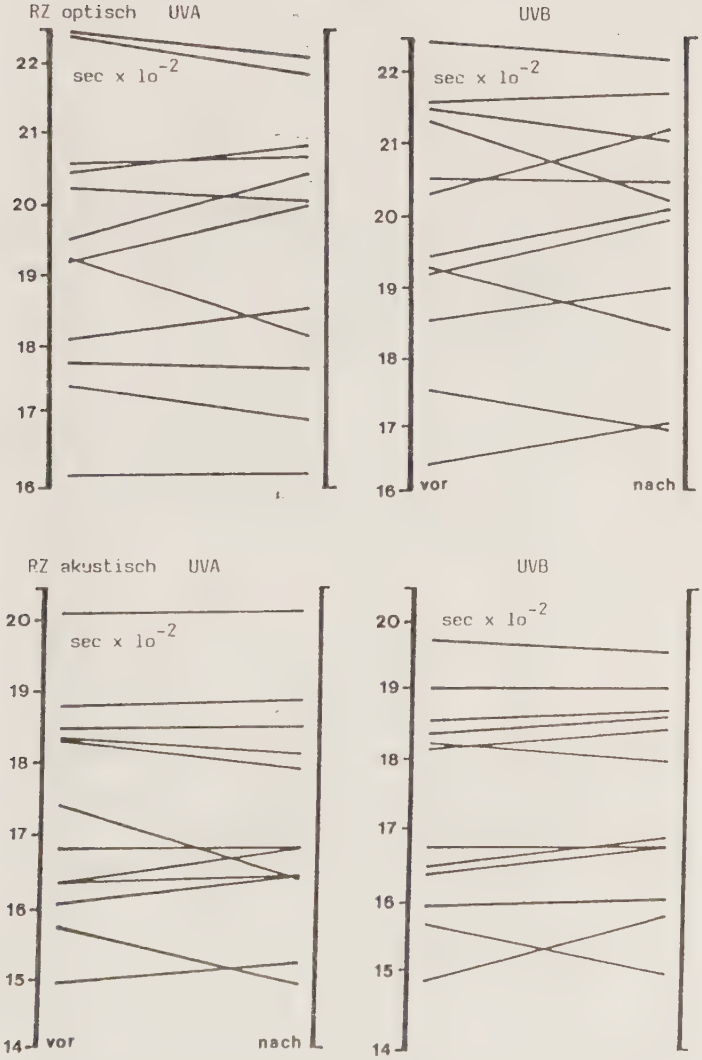


Abb. 18 B Individuelles Verhalten der Reaktionszeit auf ein optisches und ein akustisches Signal vor und nach einer 4-wöchigen Bestrahlung mit UVA bzw.UVB.

Fast unbeeinflußt bleibt auch die Standardabweichung.

3.3.2.3. ERGEBNISSE DER KREISLAUFANALYSE

Für die Berechung des Elastizitätskoeffizienten E' nach der Formel von BRÖMSER und RANKE (8) hatten wir die Systolendauer (SD)und die Pulswellengeschwindigkeit PWG bestimmt.(Einzelheiten in der Versuchsanordnung bei 3.2.3.2.).
Die mittlere Systolendauer $\bar{x}$ betrug bei den mit UVA bestrahlten Testpersonen vor der Bestrahlung 33,o sec x 10^{-2} (s=2,1) und nach der Bestrahlung 33,1 sec x 10^{-2} (s =2,3). Bei den mit UVB bestrahlten Testpersonen betrug $\bar{x}$ vor der Exposition 32,6 sec x 10^{-2} (s=2,1) und danach 33,o sec x 10^{-2} (s=2,o).
Die mittlere Pulswellengeschwindigkeit $\bar{x}$ betrug bei UVA vorher 9,6 sec$\times 10^{-2}$ (s=1,1) und nachher 9,5 sec x 10^{-2} (s=1,1); bei UVB vorher 9,2 sec x 10^{-2} (s=o,8) und nachher 9,3 sec x 10^{-2} (s=o,7).

In den Abbildungen 19B und 2oB stellten wir das Verhalten der Einzelwerte dar. In Analogie zu vorhergehenden Abbildungen werden wieder die individuellen Meßergebnisse von vor und nach der Bestrahlungsserie miteinander verglichen.
Zunächst einmal fällt auf, daß die Meßwerte nach einem vier-wöchigen Intervall zuverlässig reproduziert werden können. So ändert sich zum Beispiel die Systolendauer nur in einem Fall um mehr als 2 x 10^{-2}sec.
Die Ausgangswerte für SD wie auch für PWG sind

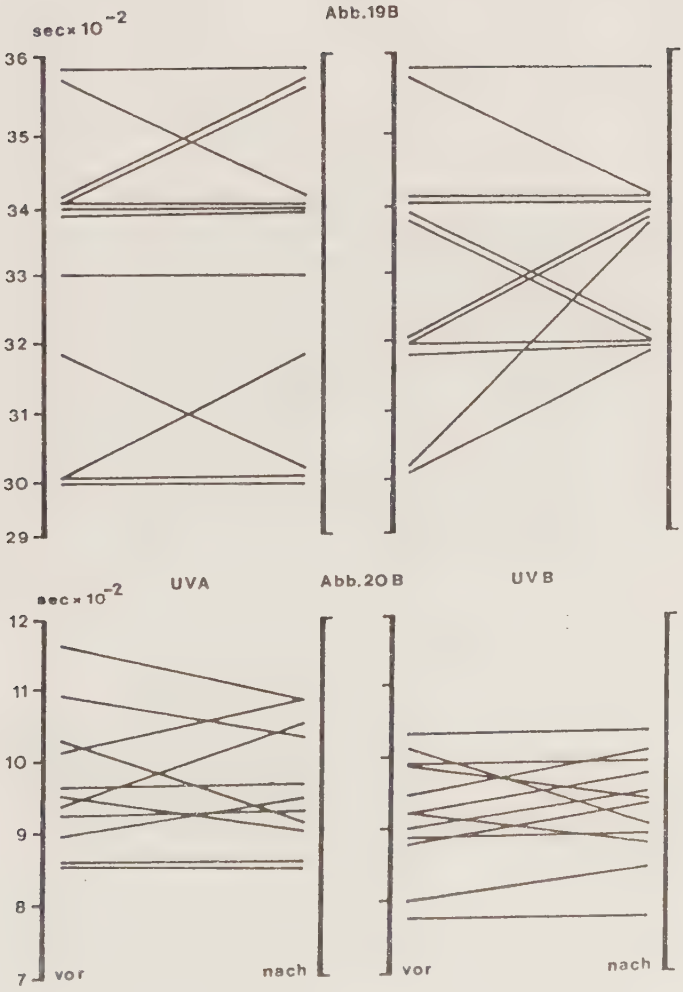


Abb. 19 B Individuelles Verhalten der Systolendauer vor und nach einer 4-wöchigen Bestrahlung mit UVA bzw.UVB.

Abb. 2o B Individuelles Verhalten der Pulswellengeschwindigkeit vor und nach einer 4-wöchigen Bestrahlung mit UVA bzw. UVB.

in beiden Gruppen in etwa gleich.
Eine einheitlich gerichtete Veränderung kann in keinem Fall beobachtet werden.
Da sich, wie oben beschrieben, weder die Systolendauer noch die Pulswellengeschwindigkeit bei unseren Versuchspersonen verändert haben, darf daraus geschlossen werden, daß auch der elastische Kreislaufwiderstand durch eine Exposition mit UVA - betontem oder UVB - betontem Licht unbeeinflusst bleibt. Denn nach der Formel von BRÖMSER und RANKE (8), die zur Errechnung des Elastizitätskoeffizienten aufgestellt wurde, ist,

$$E' = 1{,}06 \times PWG \times S^{-1} \times Q^{-1}.$$

Aus dieser Formel geht hervor, daß nur aus einer Abweichung des Faktor Pulswellengeschwindigkeit oder des Faktor Systolendauer Veränderungen von E' zu erwarten wären.

4.0. DISKUSSION

Die Untersuchungen sollten klären, in welchem Umfang bei UV- Exposition mit unterschiedlichen Emissionsspektren moderner Leuchtstoffröhren (siehe 1.2.) vegetative Kreislaufreaktionen und Reaktionszeitveränderungen zu erwarten sind.

Dazu wurden Akutversuche(Teil A)und Versuche mit serieller Bestrahlung (Teil B dieser Arbeit) durchgeführt.
Als Versuchspersonen für Versuch (A) dienten 12 gesunde jugendliche Männer im Alter von 19 - 28 Jahren. Bei Versuch (B) waren es gesunde junge Männer im Alter von 19 - 32 Jahren.
Die Akutversuche wurden in den Wintermonaten Oktober 1979 bis Februar 198o durchgeführt, die Untersuchungen mit serieller Bestrahlung von Dezember 198o bis März 1981. (Zur jahreszeitlichen Schwankung der Lichtempfindlichkeit siehe 1.3.2. Abb 5A).Im Akutversuch (A) wurden zunächst eine erythemwirksame und eine suberythemale UVB-Dosis, sowie eine UVA-Exposition miteinander verglichen. (Zur spektralen Zusammensetzung des benutzten UVA und UVB siehe Abb 3A).
Als einzigen statistisch sicheren Effekt beobachteten wir in dieser Meßreihe eine kurz - fristige Tachycardie unmittelbar nach der Bestrahlung mit UVA über 3o Minuten (Abb 9A).
Diese konnte jedoch gut mit einem gleichzeitigen Anstieg der Körpertemperatur erklärt werden (siehe Abb 8A).
Ein sehr ähnliches quantitatives Verhältnis zwischen Änderung der Mundtemperatur und der Pulsfrequenz beschreiben BÜHRING et al.(9)bei gesunden Versuchspersonen während einer Hyperthermie im Wasser.

Pro Δ T oral von 1°C nahm die Pulsfrequenz um 21 Schläge/Minute zu.
Bei unseren Versuchen beobachteten wir eine Beschleunigung der Pulsfrequenz um 19 Schläge/Minute bei einer Erhöhung der Mundtemperatur um 1°C nach der 3o-minütigen UVA-Exposition.

Bei unserer 15-minütigen UVB-Meßreihe bildete sich das Erythem zu sehr unterschiedlichen Zeiten aus. (Methode nach WUCHERPFENNIG (62), 3.1.2.). Bei einem Probanden fehlte das Erythem gänzlich, während ein anderer mit extremem Sonnenbrand reagierte. Dies nahmen wir zum Anlaß, bei der seriellen Bestrahlungsserie nicht mit einer zeitlich festgelegten UVB Dosis zu bestrahlen, sondern die individuelle Erythemschwelle festzustellen und die Dosis individuell so zu applizieren, daß es möglichst zu keiner, oder allenfalls zu einer leichten Erythemausbildung kam.
Die Bedeutung eines Erythems für die vegetative Reaktion auf eine UV-Bestrahlung wird unterschiedlich beurteilt: (2o,49,59).
Beobachtungen von HETTINGER (2o) zeigen,daß bei verschiedenen ultravioletten Spektren die in gleichgroßer Dosis nur einmal eingestrahlt wurden, eine Leistungssteigerung der Probanden immer nur dann auftrat, wenn es zu einem Erythem gekommen war.
Er beschreibt, daß es bei 335 nm zu keinem Erythem kam und auch kein physiologischer Effekt zu ermitteln war. Bei 297 nm nun dagegen trat bei gleicher Dosierung ein Erythem auf, gleichzeitig wurde eine Leistungssteigerung beobachtet. Im Vergleich hierzu sah HETTINGER (2o) bei der gleichen Dosis

einer UV Strahlung von 28o nm eine erythemunterschwellige Wirkung, die sich aber nicht leistungssteigernd auswirkte. Wurde die Dosis der UV - Exposition mit 28o nm erythematös gesteigert (doppelte Bestrahlungszeit), konnte gleichzeitig auch eine Leistungesteigerung beobachtet werden.
SEIDEL (49) konnte eine messbare Leistungssteigerung nur nach seriellen UV-Expositionen erythemaler Dosen von UVB-Strahlung beobachten. Ausdrücklich beschreibt er aber, daß sich diese Leistungssteigerung nur dann zeigte, wenn vorher eine "vegetative Umstimmung" erreicht worden sei. Bei Probanden die trotz erythemwirksamer Bestrahlung keine vegetative Umstimmung zeigten, konnte auch keine Leistungssteigerung beobachtet werden.
TRONNIER und SCHNEIDER (58) bezeichneten die Haut des Menschen als "Antenne des vegetativen Systems", deshalb ist für diese Autoren in erster Linie die Hautdurchblutung für die Stärke der lichtentzündlichen Reaktion verantwortlich zu machen. Bei Vergleichen zwischen UV-Expositionen in erythemaler Dosierung mit gleichzeitiger Wärmebestrahlung (zur Verstärkung der Hautdurchblutung) und ohne diese, zeigte sich bei der ersten Versuchsreihe eine stärker ausgeprägte vegetative Reaktion als bei der zuletzt genannten. Allerdings sahen TRONNIER und SCHNEIDER (58) immer nur dann vegetative Veränderungen, wenn es zu einem ausgeprägten Erythem gekommen war. Interessant ist noch die Beobachtung dieser Autoren, daß die Dosierung von UVB, um ein Erythem zu erreichen, bei simultaner Wärmebestrahlung erheblich kleiner gehalten werden konnte.
Wir können zu dieser Problematik einen Beitrag leisten insofern, als daß bei der einheitlich 15-minütigen

Bestrahlung mit UVB die entzündliche Reaktion sehr variabel ausgeprägt war. Eine Beziehung zu den gleichzeitigen Kreislaufreaktionen ließ sich jedoch an keiner Stelle herstellen.

Unser besonderes Interesse galt auch der Frage, ob das individuell unterschiedlich ausgeprägte Erythem die Kreislaufreaktion mit beeinflusst. Als Maß für den Ausprägungsgrad einer Hautreaktion hatten wir die individuelle Erythemschwelle benutzt.
Aus der Abb 18A und der Tab. 9A ging eine schwache negative Beziehung zwischen der Hautreaktion und den dort untersuchten Kreislaufreaktionen hervor. Ein starkes Hauterythem ist mit einer relativ stärker ausgeprägten Tachykardie verbunden.

Da nach TRONNIER und SCHNEIDER (58) die Hautdurchblutung ein wichtiger Parameter der Erythemschwellendosis ist, eignet sich also die Expositionszeit allein nur unzureichend zur Erythembeurteilung. Außerdem konnten wir, wie es SEIDEL (49) beobachtete, keine vegetative Umstimmung erkennen. Die daraus resultierende unveränderte Situation bei körperlicher Belastung stimmt mit seinen Beobachtungen überein.
Für die akute vegetative Reaktion auf eine UV-Exposition wird in der Regel eine sympathikotone Phase bis etwa zu der Ausprägung eines Erythems und eine anschließende Auslenkung in den vagotonen Bereich angegeben (17,27,46,55). Zur Genese dieser Reaktion ist die photochemische Umwandlung verschiedener Aminosäuren in z.B. Histamin (12), histaminähnlichen Substanzen und z.B. auch in Serotonin bekannt (33). Während der lichtentzündlichen Reaktion werden diese Substanzen aus zellulären Strukturen freigesetzt. JAKOB und STÜTTGEN (27) beobachteten eine besondere plasmatische Aktivität der Histaminase während der

maximalen Ausbildung eines UV-Erythems.
Dabei gehört es zu den charakteristischen Eigenschaften photochemischer Reaktionen, daß solche an einen sehr spezifischen Wellenbereich gebunden sind. Alle Autoren der älteren Literatur geben in ihren Versuchsbeschreibungen an, mit Hg - Hochdruckbrennern gearbeitet zu haben, die ein dis - kontinuierliches Linienspektrum aufwiesen. Unter dem Einfluß einer systemischen UV-Bestrahlung zeigten HETTINGER (2o) und SEIDL (49) daß es zu einer deutlichen Erhöhung der Leistungsfähigkeit der Skelettmuskulatur kam.
Das Spektrum der von ihnen benutzten Lampen lag aber im wesentlichen bei Wellenlängen die über den UVB-Bereich hinausgehen (λ = 254 nm).

Auch LEHMANN und SZAKALL (34) benutzten die Hg-Hochdruckbrenner, deren Hauptteil der abgestrahlten Energie im UVB bis UVC Bereich lag. Im Gegensatz zu den von ihnen benutzten Quarzlampen weisen aber die neuen Leuchtstofflampen unserer Versuchsreihe ein genau definiertes Spektrum auf (Abb 3A).
Unter diesen Bedingungen ergeben sich bei unseren Versuchspersonen aus dem Verhalten der Pulsfrequenz keine Hinweise auf die Bildung kreislaufwirksamer Substanzen nach einer einmaligen UV-Exposition.

Eine einmalige Belastung mit UV zeigte damit keinen kreislaufwirksamen Effekt. Um so eindrucksvoller erscheint es uns deswegen, daß mit einer seriellen Bestrahlung mit UVB bei nur 15 Expositionen in 4 Wochen eine deutliche Wirkung auf die Pulsfrequenz in Ruhe und bei mäßiger körperlicher Belastung erreicht werden kann. Eine Bestrahlung mit UVA zeigte keine vergleichbare Reaktion. Auf eine Kon-

trollgruppe haben wir in dieser Reihe verzichten können. Eine einmalige Belastung mit 7 mkp/sec/ 1,73 m^2 zeigt sicher keinen Trainingseffekt auf die Pulsfrequenz. Aufgrund jahreszeitlicher Schwankungen wäre in der Zeit zwischen Dezember und Februar eher ein Anstieg der Pulsfrequenz bei identischer Belastung zu erwarten (26). ELLINGER (12), HETTINGER (2o) und RONGE (42) beschreiben eine unterschiedliche Ansprechbarkeit des Menschen auf UV-Exposition während der verschiedenen Jahreszeiten. Die Intensität der UV-Dosis zeigt nach ELLINGER (12) z.B. eine gewisse Parallelität zu der in Abb 5A gemachten Kurve im Hinblick auf die Trainierbarkeit der Muskulatur. Es zeigt sich hier allerdings lediglich eine gewisse Verschiebung des Maximums der UV-Empfindlichkeit in den Monaten Oktober bis März.

Als mögliche Mechanismen dieser verbesserten Leistungsfähigkeit nach ultraviolettem Licht werden u.a. eine veränderte vegetative Regulation, ein veränderter Glucose-Stoffwechsel, eine Änderung des Redoxpotentials, eine thyreotrophe Wirkung des UV und ein metabolischer Effekt des Vitamin D diskutiert (2o,23,32,38,42,49).
Aber auch die muskuläre Leistungsfähigkeit und die Trainierbarkeit der Muskulatur werden durch eine UV-Exposition erhöht (49). Auch für die jahreszeitlichen Unterschiede der muskulären Trainierbarkeit diskutiert HETTINGER (2o) eine unterschiedliche Einstrahlung von UV. Ähnlich wie für Akuteffekte wird auch bei serieller Exposition die Bedeutung eines Erythems unterschiedlich beurteilt.

LEHMANN und SZAKALL (34) beobachteten bei Bergleuten einen Effekt auf die Pulsfrequenz und auf das sog. Pulsfrequenzamplitudenprodukt bei einer körperlichen Belastung nur, wenn die Bestrahlung mit einer Hg-Hochdrucklampe erythemwirksam dosiert worden war. Wenn sie den kurzwelligen Anteil mit Glas abgefiltert hatten, zeigte die Bestrahlung keinen Effekt, auch eine suberythemale Dosis des ursprünglichen UVB beeinflußte die Pulsfrequenz und das Frequenz- Amplitudenprodukt nicht. HANKE (19), der mit suberythemalen UVB- Dosen arbeitete, beobachtete bei Kreislaufuntersuchungen an Patienten, bei denen vegetative Dystonien vorlagen, daß alle Abweichungen von einer individuellen "Norm" mit der Osram - Ultravitaluxquarzlampe auf diese "Norm" eingeregelt werden konnten. Besonders ausgeprägt war dieses Verhalten am Minutenvolumen, dem elastischen und peripheren Widerstand zu erkennen. Auch RONGE (42) sah bei Kindern einen deutlichen Effekt auf dieselben Meßgrößen bei einer Bestrahlung mit suberythemaler Dosierung. Beide haben demnach differierende Ergebnisse gegenüber LEHMANN und SZAKALL (34). Die Vermutung liegt nahe, daß bei ihrer Filtermethode nur noch ein UVA-Anteil den Probanden erreichte, sodaß es zu keinem Erythem kommen konnte, während RONGE (42) die UVB Dosis suberythemal applizierte. Insofern würde ein systematischer Fehler beide Bestrahlungsmethoden unvergleichbar machen.
Näheres diesbezüglich läßt sich leider nicht aus der Literatur entnehmen.

Im Hinblick auf unsere seriellen Bestrahlungsversuche stützen die eigenen Ergebnisse zunächst die Befunde von RONGE (42). Allerdings haben wir die Belastung mit körperlicher Arbeit derart dosiert, daß die Pulsfrequenz neben dem individuellen Anstrengungsgrad auch noch die vegetative Regulation repräsentiert.

LEHMANN und SZAKALL (34) hatten ihre Versuchspersonen bis zu einer körperlichen Erschöpfung ausbelastet, die Pulsfrequenz stieg bis Werte um etwa 17o/Minute. Bei RONGE (42) erreichten die untersuchten Kinder ein kritisches Pulsfrequenzamplitudenprodukt bei einer Arbeit mit etwa 1.5oo mkp entsprechend ungefähr 153 Watt. Im Gefolge einer UV-Exposition bestimmen das Alter (12), die vegetative Ausgangslage und Besonderheiten der Konstitution aktuelle und langfristige Reaktionen häufig mit (32).

Unter dem Eindruck dieser Beobachtungen wurde der Lichttherapie mehrmals ein "normalisierender" Effekt zugesprochen. HANKE (19) macht entsprechende Mitteilungen bei Kreislaufanalysen nach WETZLER und BÖGER(bei19) RONGE (42) stellt ähnliche Zusammenhänge für die physical working capacity fest, SEIDL (49) für Tainingseffekte auf die Muskelkraft; SPODE (51) macht vergleichbare Beobachtungen für die leukozytäre Reaktion auf UV. Dabei kann in der älteren Literatur nicht sicher erkannt werden, ob den Autoren ein statistisch-methodologischer Fehler unterlaufen ist, wenn sie eine Ausgangsgröße mit einer Reaktion dieser Größe auf einen Reiz verglichen haben. PIRLET und KELLER (4o) haben die Problematik dieses sog. a:(a-b)-Effekts für die Problematik physikalischer Therapie diskutiert. Bei RONGE (42)

liegt dieses sicher vor, wenn er die individuellen Ruhewerte der physical working capacity mit den Änderungen dieser Testgröße auf UV korreliert.

Um zu dieser Problematik der vegetativen Ausgangslage einen Beitrag zu leisten, haben wir die interindividuellen Streuwerte der Pulsfrequenzen des ersten Kollektivs vor und 8 Stunden nach den UV-Expositionen berechnet. Bei einer"Regulierung zur Norm"(HANKE ,19) hätten letztere abnehmen müssen. Bei einer ausgeprägten negativen Korrelation und bei einer hoch negativen Differenz der Streuung kann am ehesten eine sog. "Normalisierung" durch UV - Exposition angenommen werden.
Wie aus Tab. 7A zu ersehen ist,kann ein solches Verhalten bei unserem Akutversuch allenfalls für UVA beobachtet werden. Bei den seriellen Bestrah - lungen bleiben die interindividuellen Streuwerte nach UVA in etwa gleich,nach UVB sind sie deutlich erniedrigt. Die Bedeutung zahlreicher äußerer Umstände für die vegetavive und metabolische Reaktion auf UV könnte aber auch die oben beschriebenen unterschiedlichen Befunde von RONGE (42), von LEHMANN und SZAKALL (34) sowie HANKE (19) erklären. RONGE (42) führte seine Untersuchungen während der Wintermonate Januar bis März in Skandinavien durch.
Wie bei den meisten Autoren zu dieser Problematik finden sich Angaben über die Jahreszeit bei LEHMANN und SZAKALL (34) oder HANKE (19) nicht.
Im ersten Fall handelt es sich um ein Kollektiv von Schulkindern mit wahrscheinlich ausgeglichener körperlicher Aktivität, im zweiten Fall wurden in der damaligen Zeit wahrscheinlich schwer arbeitende Bergleute untersucht. HANKE (19) untersuchte vege-

tativ dystonische Patienten im klinischen Rahmen. SIGMUND (5o) untersuchte die vegetative Reaktion nach erythemalen Dosen mit der Quarzdurcklampe an Kindern im Alter von 5 bis 6 Jahren ohne An - gabe des Geschlechtes. Bei KLEIN und WEIS (3o) waren es jugendliche Probanden im Alter von 12 bis 15 Jahren, die sie in zwei Gruppen, Knaben und Mädchen teilten. Die Ergebnisse der beiden Gruppen wurden von den Autoren danach mit einer Plazebogruppe verglichen.

Über die Bestrahlungsmethoden werden von den aufgeführten Autoren ebenfalls unterschiedliche Angaben gemacht. SEIDL (49) bestrahlte einen Teil seiner Versuchspersonen mit den damals üblichen Quarzhochdruckbrennern, ein anderes Kollektiv aber mit einem Hg-Niederdruckbrenner, dessen Spektrum im wesentlichen bei 254 nm lag. Auch machte er Angaben über die gleichzeitige orale Applikation von 5.ooo I.E. Vitamin D_3, was bei ihm zu keinen Veränderungen gegenüber einer UV - Bestrahlung ohne Gabe dieses Vitamins geführt hat. LEHMANN (34) berichtet über Versuche mit gefilterter Quarzhochdruckbrennerlampe, wobei er beschreibt, daß nur der UVC-Teil des Spektrums fehlte.

Wir nehmen diese unterschiedlichen Bedingungen und konträren Ergebnisse der zitierten Autoren noch einmal zum Anlaß, die Aussage der eigenen Ergebnisse sowohl auf die Personengruppe normal belasteter männlicher Studenten und Personen des Pflegepersonals als auch für die Wintermonate einzuschränken.

Auch haben wir uns bei der Bestrahlungsmethode an ein sehr enges spektrales Feld im jeweiligen UV-Bereich gehalten.
Die Ergebnisse unserer seriellen Bestrahlungs - meßreihen, in denen sich eine deutlich senkende Wirkung auf die Pulsfrequenz in Ruhe und Belastung nachweisen ließ, stimmen mit den Angaben bei 19, 3o,34,38,49, überein.

Um festzustellen, ob wir die von GREITER et al.(16) und SIGMUND (5o) in der Literatur beschriebene Leistungs-und Vigilanzsteigerung nach UV Bestrahlungen sowohl für den UVA als auch für den UVB Bereich ebenfalls feststellen können,führten wir die Reaktionszeitmessungen aus. Unsere Befunde ergaben, daß die Reaktionszeiten auf ein optisches sowie akustisches Signal durch die seriellen Bestrahlungen weder durch UVA noch durch UVB beeinflußt worden sind.Mit diesen Befunden stehen wir im Gegensatz zu SIGMUND (5o) und GREITER et al. (16)´. SIGMUND (5o) hatte bei seinen Versuchen ebenfalls die Reaktionszeitmessung auf optische Reize gewählt und dabei eine signifikante Reaktionszeitverkürzung nach 3-wöchiger Bestrahlung festgestellt, wobei alle 2 Tage bestrahlt wurde.
Eine Erklärung für den bei uns abweichenden Be - fund bietet möglicherweise der unterschiedliche Versuchsaufbau. So setzte SIGMUND (5o) vor den optischen Reiz im Abstand von 2 bis 4 Sekunden ein Vorsignal. Dies war bei uns nicht der Fall. Außerdem betrug bei uns das Intervall zwischen zwei Reizen bis zu 8 Sekunden. Ein noch wesentlicherer Unterschied zwischen beiden Versuchsanord-

nungen liegt darin, daß SIGMUND (50) von der ersten Bestrahlung an eine volle Erythemdosis einstrahlte, während wir bei allen Bestrahlungen stets unter der Erythemschwelle zu bleiben ver - suchten.
Auch GREITER et al. (16) hat den psycho-physiologischen Effekt einer UV-Bestrahlung untersucht und ist wie SIEGMUND (50) zu dem Ergebnis gekommen, daß im Gefolge einer erythemerzeugenden UV-Bestrahlung Effekte auftreten, die auf eine Zunahme der mentalen Leistungsfähigkeit deuten. Dabei wählte GREITER et al (16) eine aus der direkten Reaktionszeitmessung weiter entwickelte Methode, nämlich den sog. " Rotorpursuit-test", bei dem der Proband einen Lichtpunkt der sich unregelmäßig fortbewegt, folgen muß. Auch aus den GREITER'schen Meßergebnissen läßt sich eine Zunahme der Vigilanz ableiten, was wiederum im Gegensatz zu unseren Befunden steht. Auch hier liegt eine mögliche Erklärung für unseren abweichenden Befund in der Tatsache, daß wir grundsätzlich suberythematös bestrahlten, während GREITER et al. (16) wie auch SIEGMUND (50) die erwähnten Effekte nur bei erythemauslösender Bestrahlung erzielten. Der Umstand, daß GREITER (16) bei den gleichen Versuchen mit nicht erythemauslösender Bestrahlung keine entsprechenden Effekte auszulösen vermochte, verstärkt diese Vermutung.

Bei weiteren Arbeiten auf diesem Gebiet wäre es daher wichtig zu untersuchen, wie sich die von uns bestimmten Parameter bei Einstrahlung der vollen individuellen Erythemdosis verhalten.

5.o. ZUSAMMENFASSUNGEN

5.1. ZUSAMMENFASSUNG DES EXPERIMENTELLEN TEILES A

Zwölf gesunde, junge männliche Versuchspersonen werden in randomisierter Reihenfolge in mindestens 1-wöchigem Abstand je drei mal mit ultravioletten Strahlen behandelt:

a). 3o Minuten einer überwiegend pigmentwirksamen Dosis UVA.

b). 15 Minuten einer überwiegend erythemwirksamen Dosis UVB.

c). Jeweils 5 Minuten derselben Strahlung wie unter b).

d). In einer 4.Messreihe werden Kontrollversuche durchgeführt.

Vor sowie 2, 4, 6, 8 und 24 Stunden nach den Bestrahlungen werden die Pulsfrequenz in Ruhe, bei orthostatischer Belastung, bei einer leichten körperlichen Arbeit mit 68 W/173m^2 und in der Erholungszeit nach dieser Arbeit bestimmt. Signifikante Veränderungen nach diesen einmaligen UV-Expositionen im Vergleich zu den Kontrollmessungen ergeben sich nicht.
Eine gering ausgeprägte Tachycardie unmittelbar nach der Bestrahlung mit UVA über 3o Minuten kann durch eine geringgradig erhöhte Körpertemperatur erklärt werden.

5.2. ZUSAMMENFASSUNG DES EXPERIMENTELLEN TEILES B

Diesmal werden jeweils 12 gesunde junge männliche Versuchspersonen über jeweils 4 Wochen mit UVA bzw. mit UVB bestrahlt.(12 Bestrahlungen pro Versuchsperson). UVA wird einheitlich mit 3o Minuten appliziert;UVB wird in ansteigender Dosierung individuell angepaßt suberythematös dosiert. Bei denselben Untersuchungen der Pulsfrequenz wie in Teil A kommt es dieses mal nach UVB zu einer signifikanten Bradycardie. Dabei besteht eine hochgradig signifikante Beziehung zu der vegetativen Ausgangslage. UVA beeinflußt die Pulsfrequenz nicht.
An weiteren Meßgrößen werden der arterielle Elastizitätskoeffizient und die motorischen Reaktionszeiten auf ein optisches und ein akustisches Signal bestimmt. Beide Messwerte ändern sich nach den Bestrahlungen nicht.
Damit hat nur die serielle UV-Therapie einen kreislaufwirksamen Effekt. Innerhalb des UV-Spektrum wirkt wiederum nur das kürzerwellige UVB, allerdings auch dann, wenn es in einer suberythematösen Dosis angewendet wird. Bisherige Untersuchungen zu dieser Problematik waren zu unterschiedlichen Ergebnissen gekommen. Das Besondere der jetzt vorliegenden Befunde liegt vor allem auch in der erstmalig verwendeten Technologie von Leuchstoffröhren mit kontinuierlichen UV-Spektren.

Die klinische Problematik von sog.Solarien wird diskutiert.

6.0. LITERATURVERZEICHNIS

1. Bach,H.
Bestrahlungen mit der Quarzlampe"Künstliche Höhensonne" 24.und 25.Aufl.,Ambr.Barth Verlag, Leipzig 1941

2. Berger,H. et al
Experimentelle aktinische Elastose durch chronische Exposition mit gefilterter UVA-Strahlung
Z.Hautkr. (1980) S.1510 - 1527

3. Berger,H. und Tsambaos,D.
Vorzeitige Alterung und Karzinom der Haut durch chronische Einwirkung von UV-Strahlen
In:Biologische Wirkung des UV-Lichts.Hrsg:Hinz,G.; Broda,S. und Stieve,F.E.
Dietrich Reimer Verlag 1981 S. 44 - 46

4. Blum,H.F.
Hyperplasia induced by ultraviolet light: Possible relationship to cancer induction
in:The biologic effects of ultraviolet radiation.
Hrsg:Urbach,F.
Pergamon Press Oxford 1969. S. 83 - 89

5. Blunt,E.
Some biological effects of solar radiation.
Britisches Journal der Actinotherapie
2 S.27 - 31 Feb. 1930

6. Boucke,H. und Brecht,K.
Zur Abnahme des Arterienpulses mit dem Infraton-Mikrophon.
Pflüg.Arch. (1953),Heft 6, S. 490 - 494

7. Braun,K.F.
Über drahtlose Telegraphie und neue physikalische Forschungen.In: NDB, 2 (1955) Hrsg.J.Zenneck

8. Brömser,Ph. und O.F.Ranke
Über die Messung des Schlagvolumen auf unblutigem Weg
Z.Biol. 9o ,S. 467 - 471 (193o)

9. Bühring,M.;Althoff,P.;Störkel,S. und Niegel,J.
Temperature dependence of commonly used parameters in deep and superficial hyperthermia
in: Streffer,Ch.(Hrsg.)Cancer therapy by hyperthermia and radiation
Urban und Schwarzenberg Baltimore-München 1978,
S. 299 - 3o1

1o. Cheatum,B.A.
Effects of a single biodose of ultraviolet radiation upon the speed of college women
Res. Q 39 ,S. 482 - 485 (1968)

11. Daniels,F.
Physiological and pathological extracutaneous effects of light on man and mammals,not mediated by pineal or other neuroendocrine mechanisms
in:Fitzpatrick,Th.B. (Hrsg.): Sunlight and man
University of Tokyo Press, 1977 S. 478 - 489

12. Ellinger,F.
Die biologischen Grundlagen der Strahlenbehandlung
Berlin,1935

13. Finsen,N.R.
Über die Bedeutung der chemischen Strahlen des Lichtes für Medizin und Biologie
Leipzig: F.C.W.Vogel 1899

14. Ganong,W.F.
Medizinische Physiologie
Springer-Verlag,Berlin-Heidelberg-New-York 1972

15. Greiter,F.;Bachl,N.und Prokop,L.
Die Wirkung künstlichen Sonnenlichts auf die Leistungsfähigkeit des menschlichen Organismus
Österr.J.Sportmedizin 4 ,S.3 - 1o (1976)

16. Greiter,F.;Bilek,P.;Bachl,N.;Prokop,L.;Maderthaner,R.;
Bauer,H.;Kroyer,G.;Steiner,I.;Riederer,P.;Washüttl,J.
und Guttmann,G.
The effects of artificial and natural sunlight upon some psychosomatic parameters of the human organism
8.Congres International de Photobiologie
Straßburg 2o.7. - 25.7.198o

17. Grober,J.
Klinisches Lehrbuch der physikalischen Medizin
Gustav Fischer Verlag Stuttgart 1963

18. Hamperl,H.;V.Henschke und R.Schultze
Über den Primärvorgang bei der Erythemerzeugung durch UV-Strahlung.
In: Virchow's Archiv für pathologische Anatomie
3o4 : 19, (1939)

19. Hanke,W.
Die Beeinflussung der Tonuslage des vegetativen Systems durch Bestrahlung mit UV-Licht
Strahlenther. 89 ,S. 58o - 585 (1953)

2o. Hettinger,Th.
Isometrisches Muskeltaining
Georg Thieme, Stuttgart 1972

21. Holtz,F.
Pharmakologie der UV-Strahlen
Arbeitstagung über ultraviolett -Therapie
Strahlentherapie 83 ,S. 138 - 148 (195o)

22. Holzer,W.
Physikalische Medizin in Diagnostik und Therapie
5.und 6.Aufl. W.Maudrich, Wien 1947

23. Holzmann,H.;Altmeyer,P.und Schultz-Amling,W.
Der Einfluß ultravioletter Strahlen auf die Hypothalamus-Hypophysenachse des Menschen.
Aktuelle Dermatologie ,S. 119 - 123 (1982)

24. Huldschinsky,K.
Lichttherapie in der Kinderheilkunde
In: Hausmann und Volk. Handbuch der Lichttherapie
Verlag Julius Springer, Wien 1927

25. Jung,E.G.
Physikalische Grundlagen des ultravioletten Lichtes.
Chronische Wirkungen einschließlich der Karzinomgenese
In: Biologische Wirkung des UV-Lichtes.
Hrsg.:Hinz,G.;Broda,S.und Stieve,F.E., S. 4o - 42

26. Jüngling,O.
Biologische Wirkung des Lichtes
Allgem.Strahlentherapie 1949
Ferdinand Enke Verlag,Stuttgart

27. Jakob,W.und Stüttgen,G.
Der Histaminabbau im menschlichen Blut im Rahmen der vegetativen Regulation
Klin.Wschr. 27, S. 457 - 459 (1949)

28. Kaltenbach,M.
Die Belastungsuntersuchung von Herzkranken
Mannheim, 1974

29. Kiefer,J.und Wienhard,I.
Biologische Wirkungen
In: Kiefer,J.(Hrsg.)
Ultraviolette Strahlen
W.de Gryter Berlin - New York 1977,S. 445 - 566

30. Klein,E.und Weiss,V.
Statistische Untersuchungen über die Steigerung der Leistungsfähigkeit durch ultraviolett-Bestrahlung
Arbeitsphysiol. 15 , S. 85 - 92 (1953)

31. Küch,R.
Über die Quecksilberdampf - Hochdrucklampe.
In: Philips Technische Biliothek
Hrsg. W. Ellenbaas 1959

32. Kunze,H.M.
Grundriß der Ultraviolett und Infrarotbestrahlung
W.Gryter,Berlin 1959

33. Laqueur,A.
Lichttherapie innerer Erkrankungen
In: Hausmann,W.und Volk,R. (Hrsg.)
Handbuch der Lichttherapie
Springer Verlag Wien, 1927, S. 236 - 283

34. Lehmann,G.und Szakall,A.
Versuche über die Hebung der Leistungsfähigkeit durch Ultraviolettbestrahlung.
Arbeitsphysiol.13, S. 101 - 113 (1944)

35. Lucey,J.F.;Ferrero,M. und Hewitt,J.
Prevention of hyperbilirubinemia of prematurity by phototherapy
Pediatrics 41, S. 1047 - 1056 (1968)

36. Meyer,A.E.H. und Seitz,E.O.
Ultraviolette Strahlen
2.Aufl. W.de Gryter Berlin 1949

37. Müller,E.A.
Die Physische Ermüdung
In: Lehmann,G. Handbuch der gesamten Arbeitsmedizin
Band 1 Arbeitsphysiologie;
Berlin - München - Wien
Urban und Schwarzenberg 1961 ,S. 387 - 394

38. Parade,G.W.und Otto,H.
Die Beeinflussung der Leistungsfähigkeit durch Höhensonnenbestrahlung
Z.Klin.Med. 137, S. 17 - 21 (1940)

39. Parrish,J.A.;Anderson,R.R.;Urbach,F. und Pitts,D.
UVA biological effects of ultraviolet radiation with emphasis on human resposes to long wave ultraviolet
Plenum Press New York and London 1978

40. Pirlet,K und Keller,H.
Scheineffekte bei der gruppierenden graphischen Darstellung von Behandlungsergebnissen
Arch.Physikl.Ther. 20, S. 285 - 310 (1968)

41. Rollier,C.
Die Heliotherapie der Tuberkulose mit besonderer Berücksichtigung ihrer chirurgischen Formen.
In: Handbuch der gesamten Strahlenkunde
Hrsg. P.Lazarus
Springer Verlag Berlin-Heidelberg New-York 1913

42. Ronge,H.E.
Ultraviolet irradiation with artificial illumination
Acta Physiol.scand. 15 ,Suppl. 49 S. 176 - 183 (1948)

43. Schäfer,V.
Artificial production of ultraviolet radiation.
Introduction and historical review.
In: The biologic effects of ultraviolet radiation.
Hrsg.Urbach,F.
Pergamon Press Oxford ,S. 93 - 105 (1969)

44. Schmidt - Matthiesen,H.
Gynäkologie und Geburtshilfe
Schattauer Verlag Stuttgart - New York 1976

45. Schmidt,H.E.
Kompendium der Lichtbehandlung
Georg Thieme Verlag,Leipzig 1921

46. Schneider,W. und Dietzel,P.
Allgemeinwirkungen des Lichts auf den Organismus
Dtsch.Med.Wschr. 71, S. 315 - 319 (1946)

47. Schröder,G.
UV-Strahlen für den Einsatz in Bestrahlungsanlagen
Licht 5,S. 3oo - 3o7 (198o)

48. Schröpl ,F.
Die Phototherapie mit Psorilux-Bestrahlungsgeräten
Umschau Verlag Frankfurt am Main 1981

49. Seidl,E.
Die Kraft der Skelettmuskulatur bei täglicher
iosmetrischer Anspannung und unter dem Einfluß von
UV-Strahlung
Studia biophysica Berlin 9, S. 71 - 8o (1968)

5o. Sigmund,R.
Die Wirkung ultravioletter Strahlen auf die Reaktions-
zeit des Menschen
Strahlenther. 1o1, S. 623 - 629 (1956)

51. Spode,E.
Untersuchungen über die Strahlenreaktion des Blutes
Strahlenther. 99, S. 482 - 488 (1956)

52. Stein,L.
Das UV-Spektrum natürlicher und künstlicher UV-
Strahlung
In:Biologische Wirkung des UV-Lichts.
Hrsg. Hinz,G.;Broda,S. und Stieve,F.E.
Dietrich Reimer Verlag ,S. 9 - 13 (1981)

53. Streck,B.
Die Einwirkung der optischen Strahlen (Licht,UV und IR) auf den Organismus des Menschen
Technisch-wissenschaftl. Abhandlungen d.Osram-Gesellsch. 11, S. 416 - 428 (1972)

54. Stüttgen,G.
Therapeutische Anwendung von ultravioletter Strahlung
In: Biologische Wirkung des UV-Lichts.
Hrsg.Hinz,G.;Broda,S. und Stieve,F.E. S. 49 - 58
Dietrich Reimer Verlag 1981

55. Sturm,A.
Einfluß der Strahlenenergie auf Hirnstammgebiete
Strahlenther. 70, S. 568 - 587 (1941)

56. Taubert,H.D.
Die geschlechtsspezifische Entwicklung der Frau und ihre Störungen. Die zentral-hormonale Regulation der Genitalfunktion während der Geschlechtsreife.
In: Gynäkologie und Geburtshilfe
Hrsg.Schmidt-Matthiesen,H.
S. 35-57 1976
Schattauer Verlag Stuttgart-New-York

57. Tronnier,H.
Medizinische Lichtbehandlung
In:Kiefer,J.(Hrsg.)
Ultraviolette Strahlen
W.de Gryter Berlin - New York 1977

58. Tronnier,H. und Schneider,W.
Licht - Therapie
In: Grober,J.und Stieve,F.E. (Hrsg.)
Handbuch der Physikalischen Therapie
G.Fischer Verlag Stuttgart 1966 ,S. 315 - 454

59. Wellisch,E.
Die Quarzlampe und ihre medizinische Anwendung
Julius Springer ,Wien und Berlin 1932

60. Wiesner,A.
Die Ultravioletbestrahlung des Blutes in der ärztlichen Praxis
Ärztliche Fortbildung 69, S. 1226 - 1228 (1969)

61. Wolf,K. und Hönigsmann,H.
Clinical aspects of phototherapy
Pharmc.Ther. 12, S. 381 - 408 (1981)

62. Wucherpfennig,V.
Eine automatische Sektorentreppe zur genauen Bestimmung der Erythemschwelle des UV-Lichts
Strahlenther. 48, S. 391 - 396 (1933)

DANKSAGUNG

Herrn Privat Dozent Dr.med.M.Bühring herzlichen Dank für die Überlassung des Themas und für die Ratschläge und die große Mithilfe bei der experimentellen Ausarbeitung der Versuche, sowie seiner ständigen Bereitschaft über Fragen und Ausarbeitung zu diskutieren.

An dieser Stelle sei auch Herrn Gerd Ehrlicher gedankt, der unser Computerprogramm zur statistischen Auswertung der unzähligen Meßwerte erstellte und so ein rationelles Arbeiten möglich machte.

Zuletzt sei auch Frau Imme Steffan gedankt für die Geduld und Mühe bei der Reinschrift der Arbeit.

LEBENSLAUF

Am 13. Juli 1948 wurde ich, Hans-Friedrich STEFFAN, als Sohn des Kaufmanns Fritz Steffan und seiner Ehefrau Gabriele, geborene Jung, in Frankfurt/M geboren.
Ostern 1955 wurde ich in die Diesterwegschule in Frankfurt/M eingeschult, von der ich Ostern 1958 auf die Freie Waldorfschule überwechselte. Dort absolvierte ich nach einem Langschuljahr 1968 die externe Reifeprüfung.

Ich immatrikulierte mich dann zunächst zum Wintersemester 1968/69 an der Johann-Wolfgang-Goethe-Universität in Frankfurt/M für das Studium der Biologie und Chemie, das ich jedoch Ende 1969 wieder abbrach.
Vom Herbst 1969 bis Frühjahr 1971 besuchte ich die Fotoschule Hoepffner in Hofheim/Ts.und erhielt hier mein Diplom als Fotograf. Im selben Jahr am 17.12.1971 heiratete ich die Studentin Imme Rath.
Nach Abschluß der fotographischen Ausbildung arbeitete ich als Kameraassistent bei Zweiten Deutschen Fernsehen

Am 1.11.1972 wurde ich zum zivilen Ersatzdienst einberufen, den ich an den Universitätskliniken in Frankfurt/M ableistete.
Nach Beendigung des Zivildienstes bewarb ich mich um einen Studienplatz in der Humanmedizin und wurde zum Sommersemester 1975 an der Johann-Wolfgang-Goethe-Universität in Frankfurt/M zugelassen.
Die ärztliche Vorprüfung legte ich am 25.3.1977 ab, den 1. Abschnitt der ärztlichen Prüfung am 31.3.1978, den 2. Abschnitt am 13.3.1980, den 3. Abschnitt (schriftlicher Teil) am 7.4.1981 und den mündlichen Teil des 3. Abschnittes der ärztlichen Prüfung am 5.5.1981.

Vom 1.9.1981 bis zum 31.1.1982 arbeitete ich an der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik in Frankfurt/M als Assistenzarzt in der Sonderabteilung für Querschnittsgelähmte.
Ich wechselte dann in den Fachbereich Gynäkologie über, in dem ich seit dem 1.2.1982 im Kreiskrankenhaus Aschaffenburg in Alzenau tätig bin.

F. Steffan

LEBENSLAUF

Am 13. Juli 1948 wurde ich, Hans-Friedrich STEFFAN, als Sohn des Kaufmanns Fritz Steffan und seiner Ehefrau Gabriele, geborene Jung, in Frankfurt/M geboren.
Ostern 1955 wurde ich in die Diesterwegschule in Frankfurt/M eingeschult, von der ich Ostern 1958 auf die Freie Waldorfschule überwechselte. Dort absolvierte ich nach einem Langschuljahr 1968 die externe Reifeprüfung.

Ich immatrikulierte mich dann zunächst zum Wintersemester 1968/69 an der Johann-Wolfgang-Goethe-Universität in Frankfurt/M für das Studium der Biologie und Chemie, das ich jedoch Ende 1969 wieder abbrach.
Vom Herbst 1969 bis Frühjahr 1971 besuchte ich die Fotoschule Hoepffner in Hofheim/Ts.und erhielt hier mein Diplom als Fotograf. Im selben Jahr am 17.12.1971 heiratete ich die Studentin Imme Rath.
Nach Abschluß der fotographischen Ausbildung arbeitete ich als Kameraassistent bei Zweiten Deutschen Fernsehen

Am 1.11.1972 wurde ich zum zivilen Ersatzdienst einberufen, den ich an den Universitätskliniken in Frankfurt/M ableistete.
Nach Beendigung des Zivildienstes bewarb ich mich um einen Studienplatz in der Humanmedizin und wurde zum Sommersemester 1975 an der Johann-Wolfgang-Goethe-Universität in Frankfurt/M zugelassen.
Die ärztliche Vorprüfung legte ich am 25.3.1977 ab, den 1. Abschnitt der ärztlichen Prüfung am 31.3.1978, den 2. Abschnitt am 13.3.1980, den 3. Abschnitt (schriftlicher Teil) am 7.4.1981 und den mündlichen Teil des 3. Abschnittes der ärztlichen Prüfung am 5.5.1981.

Vom 1.9.1981 bis zum 31.1.1982 arbeitete ich an der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik in Frankfurt/M als Assistenzarzt in der Sonderabteilung für Querschnittsgelähmte.
Ich wechselte dann in den Fachbereich Gynäkologie über, in dem ich seit dem 1.2.1982 im Kreiskrankenhaus Aschaffenburg in Alzenau tätig bin.

F. Steffan

EHRENWÖRTLICHE ERKLÄRUNG

Ich erkläre ehrenwörtlich, daß ich die dem Fachbereich Humanmedizin Frankfurt am Main zur Promotion eingereichte Arbeit mit dem Titel:

ZUR BIOLOGISCHEN WIRKSAMKEIT VON ULTRAVIOLETT EXPOSITIONEN UNTERSCHIEDLICHER WELLENLÄNGEN AUF DEN MENSCHEN.

A. AKUTEFFEKTE AUF KREISLAUFPARAMETER UND DIE KÖRPERTEMPERATUR DES MENSCHEN.

im Zentrum der Inneren Medizin unter Leitung von Herrn Priv.-Doz. Dr.med.M.Bühring ohne sonstige Hilfe selbst durchgeführt und bei der Abfassung der Arbeit keine anderen als die in der Dissertation angeführten Hilfsmittel benutzt habe.

Ich habe bisher an keiner in- und ausländischen Medizinischen Fakultät bzw.Fachbereich ein Gesuch um Zulassung zur Promotion eingereicht noch die vorliegende Arbeit als Dissertation vorgelegt.

Frankfurt am Main im Juli 1984

F. Stettin

LEBENSLAUF

Am 18. November 1957 wurde ich, Michael M o h n , als Sohn des Kaufmanns Georg Mohn und dessen Ehefrau Jeanine, geborene Labbé, in Frankfurt/M geboren.

Ab 1963 besuchte ich vier Jahre lang die Grundschule in Frankfurt/M- Sachsenhausen. Von 1967 bis 1976 war ich Schüler des Freiherr-vom-Stein-Gymnasiums in Frankfurt/M; an dieser Schule legte ich im Juni 1976 die Reifeprüfung ab.

Im Herbst 1976 immatrikulierte ich mich an der Johann-Wolfgang-Goethe- Universität in Frankfurt/M und begann das Studium der Humanmedizin.
Im Winter 1980/81 begann ich am Zentrum der Inneren Medizin der Johann-Wolfgang-Goethe-Universität mit meiner Promotionsarbeit, die ich im Oktober 1981 in Aachen, anläßlich des 86. Kongresses für Physikalische Medizin referierte.

Im April 1983 legte ich zu Frankfurt die ärztliche Prüfung ab und erhielt im Mai die Approbation als Arzt.
Seit Juni 1983 bin ich als Stabsarzt in der Deutschen Bundeswehr tätig,wo ich die truppenärztliche Versorgung des Raketenartilleriebatallions 350 in Montabaur leite.

Michael Mohn

EHRENWÖRTLICHE ERKLÄRUNG

Ich erkläre ehrenwörtlich, daß ich die dem Fachbereich Humanmedizin Frankfurt am Main zur Promotion eingereichte Arbeit mit dem Titel:

ZUR BIOLOGISCHEN WIRKSAMKEIT VON ULTRAVIOLETT EXPOSITIONEN UNTERSCHIEDLICHER WELLENLÄNGEN AUF DEN MENSCHEN.

B. BESTIMMUNG VON KREISLAUFGRÖßEN UND VIGILANZ VOR UND NACH SERIELLER EXPOSITION.

im Zentrum der Inneren Medizin unter Leitung von Herrn Priv.-Doz. Dr.med.M.Bühring ohne sonstige Hilfe selbst durchgeführt und bei der Abfassung der Arbeit keine anderen als die in der Dissertation angeführten Hilfsmittel benutzt habe.

Ich habe bisher an keiner in- und ausländischen Medizinischen Fakultät bzw.Fachbereich ein Gesuch um Zulassung zur Promotion eingereicht noch die vorliegende Arbeit als Dissertation vorgelegt.

Frankfurt am Main im Juli 1984